



共同研究報告書

整理番号第9号

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する

共同研究報告書(V)

—暴露試験片の第二回化学分析調査結果—

昭和 63 年 1 月

建設省土木研究所
(社) 鋼材倶楽部
(社) 日本橋梁建設協会

Copyright © (1988) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する

共同研究報告書(V)

—暴露試験片の第二回化学分析調査結果—

建設省土木研究所

(社)鋼材倶楽部

(社)日本橋梁建設協会

要 旨

耐候性鋼材は、橋梁に適切に用いることによって初期投資、維持管理の両面で経済性に富むことが知られているが、その適用方法についてはまだ明確にされていない。本共同研究はこれらの点を明らかにして、耐候性鋼材を橋梁に適用するための設計・施工要領を作成することを目的としており、長期的な全国暴露試験を含む各種検討を昭和56年度より11カ年間の計画で実施している。本報告書は、その共同研究の中間報告として全国暴露試験の第二回（暴露3年目）化学分析調査の結果をとりまとめたものである。

キーワード：橋梁，耐候性鋼材，暴露試験

ま え が き

建設省土木研究所、(社)日本橋梁建設協会および(社)鋼材倶楽部は、共同して耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究を昭和56年度より11カ年の計画で実施している。この共同研究の中で、小型試験片を用いた耐候性鋼材の暴露試験を全国41箇所で行っており、以降1, 3, 5, 7, 9年目に暴露期間毎に用意された試験片を回収し、分析を行うこととしている。既に昭和57年度に暴露後1年目の分析を行っており、その結果を「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究報告書(Ⅱ)－暴露試験片の第一回化学分析調査結果－」および「同報告書(Ⅲ)－暴露試験片の第一回腐食量調査結果－」としてとりまとめている。

本報告書は、暴露後3年目にあたる昭和59年度に行った第二回化学分析調査の結果をとりまとめたものである。

建設省 土木研究所
社団法人 鋼材倶楽部
社団法人 日本橋梁建設協会

目 次

ま え が き

1. 暴露試験の全体計画	1
2. 全国暴露試験の概要	9
2.1 耐候性鋼材の種類	9
2.2 暴露試験片	9
2.3 調査項目	11
3. 全国暴露試験の第二回化学分析調査結果と考察	13
3.1 外観観察結果	13
3.2 フェロキシル試験結果	22
3.3 偏光顕微鏡によるさび層の断面観察結果	26
3.4 EPMAによるさび層の断面観察結果	36
3.5 さびの化学分析結果	40
3.6 表面あらさ測定の結果	47
4. 大型暴露試験の概要	49
4.1 暴露地点	49
4.2 試 験 体	50
4.3 調査項目	50
5. 大型暴露試験体の第二回観察結果	52
6. ま と め	65
あ と が き	70
耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会委員名簿	75
付属資料 さび分析に関する調査要領（昭和59年度）	79

1. 暴露試験の全体計画

近年、重要視されている橋梁の維持管理問題の1項目として鋼橋の防錆があり、新たな塗料の開発や溶融亜鉛メッキ等、各機関で種々の検討が進められている。

さて、耐候性鋼材は大気中において適度な湿潤—乾燥の繰返しを受けることによって、表面にち密なさび、いわゆる安定さびを形成する。この安定さびは酸素や水の供給を遮断し、その後のさびの進行を妨げる役割を果す。このような性質をもつ耐候性鋼材は橋梁に使用された場合、塗装等防錆処理を要する部分を少なくすることができ、維持管理費の大幅な軽減が期待される。しかし、耐候性鋼材を使用しうる環境条件、使用する際の設計・施工上留意すべき点および安定さび形成の成否の判定手法は必ずしも明確にされていない。このことが、耐候性鋼材の普及の妨げとなっている。

本共同研究では、これらの点を明らかにすべく種々の暴露試験を行い、その結果をもとに「耐候性橋梁の設計・施工要領」の作成を目指している。

これらの調査研究を進めるにあたり、幹事会（図－1.2，表－1.5 参照）を開催して調査内容を審議するとともに、1年に1回、官・民・学を交えた「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会」を開催し、調査結果の中間報告を行っている。まえがきでも述べたように本共同研究は11カ年に渡る長期計画であるため、必要に応じて調査の追加、修正を行っている。ここでは、その追加、修正を加えた全体計画を表－1.1～3および図－1.1に示す。表－1.1に各暴露試験の概要を、表－1.2に共同研究のスケジュールを示す。また、図－1.1に全国の暴露地点を、表－1.3にその暴露地点の一覧表を示す。

暴露試験の種類	目 的	暴 露 方 法							調査項目	備 考
		期 間	調査(回収)年度	調査地点数 ¹⁾	設置箇所	暴露方向	試験片鋼種 ²⁾	そ の 他		
(1)全国暴露試験	耐候性鋼材の適用可能区域を明確にするとともに、耐候性鋼材表面に安定さびが形成されたか否かを判定する手法を確立する。	昭56～65年	暴露後1, 3, 5, 7, 9年目	全国41箇所	橋梁の下フランジ間	鉛直, 水平	A～E	1枚の試験片の寸法100×150×8(mm)	腐食量の測定 化学分析 外観調査	詳細は報告書(I)を参照
(2)部位別暴露試験	設計・施工上の留意点を検討する際の一資料とするため耐候性鋼材のさびの発生状況が橋梁の部位によってどう異なるかを明確にする。	"	暴露後5, 7, 9年目	(1)のうちの3箇所	橋梁の高欄付近あるいは外げた下フランジ部	"	"	"	"	"
(3)大型暴露試験	(2)と同じ。なお、同時に(1), (4)の調査と比較するため、大型試験体内部に(1)と同様の小型試験片(B鋼種のみ)および(4)と同様の溶接継手暴露試験片を暴露する。	昭57～65年	暴露後4, 8年目	信濃川沿いの3箇所	庁舎屋上。また、内部試験片は橋梁下フランジに相当する部位	"	B	大型試験体寸法W 2200×H 1000×L 2100(mm)	外観調査 ただし小型試験片は(1)と同じ	"
(4)溶接継手暴露試験	設計・施工上の留意点を検討する際の一資料とするため、耐候性鋼材の溶接継手部のさびの安定化状況を把握する。	"	" ³⁾	(1)のうちの10箇所および(3)の内部の計13箇所	(1)と同じ	"	B ただし、溶接棒はDW50相当品を使用	1枚の試験片寸法は(1)と同じ。 溶接部の余盛有余盛無の2種類がある。	外観調査	"
(5)耐候性高力ボルト暴露試験	設計・施工上の留意点を検討する際の一資料とするためA～Cの3種の試験を行う。 A: 耐候性高力ボルトのさびの状況を組成の違いによる影響も含めて把握する。 B: 母材、連結板間の肌すきと高力ボルトおよび摩擦接合面の腐食との関係を明確にする。 C: 耐候性高力ボルトによる摩擦接合継手のすべり耐力を確認するとともに、肌すきがすべり耐力に与える影響を明確にする。	昭59～65年	暴露後2, 4, 6年目	新潟および筑波の2箇所 " 筑波のみ1箇所	橋梁の下フランジ。ただし、新潟はそれに類似する暴露架台に設置 " "	水 平 鉛直, 水平 "	ボルトメーカー6社のものを使用は1社のものはB鋼種 "	— 降水有、降水無の2種類がある。 寸法250×410×44mm " 寸法100×900×66mm	ボルト軸径測定 外観調査Aと同じ すべり耐力試験 ボルト軸径測定 外観調査	詳細は報告書(VII)を参照
(6)表面処理暴露試験 ⁵⁾	耐候性鋼材にさびの安定化を促進させる表面処理を施した場合の効果を見る。	昭56～65年	暴露後5, 7, 9年目	(1), (2)と同じ	(1), (2)と同じ	鉛直, 水平	F～I 板は全てBと同じ鋼種であるが、表面処理によって分類している。	大きさは(1)と同じ	外観調査	(1)と同じ

注 1) 調査地点は図-1.1 参照。

2) 試験片鋼種 A ~ I は表 - 1.4 参照。

3) 大型試験体内部に設置した試験片に当初、暴露後2、4、6、8年目に回収することとしていたが、2年目の調査は中止した。

4) 耐候性高力ボルトはまだJIS化されていないので各社各様である。

5) 現在本共同研究の最終的な目標とする「耐候性橋梁設計施工要領」の作成をすすめているが、表面処理に関しては取り扱わない方針としている。

表- 1.2 共同研究のスケジュール

項 目 \ 年 度	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	備 考
暴 露 試 験												
全 国 暴 露 試 験		第 1 回回収	第 2 回回収			第 3 回回収		第 4 回回収		第 5 回回収		予備試験片あり
部 位 別 暴 露 試 験						第 1 回回収		第 2 回回収		第 3 回回収		予備試験片を61年度分とした。
大 型 墨 露 試 験												
大 型 試 験 体		第 1 回回収	第 2 回観察									
小 型 試 験 片						第 1 回回収				第 2 回回収		
溶 接 継 手 暴 露 試 験						第 1 回回収				第 2 回回収		
耐候性高力ボルト暴露試験												
A試験片(ボルト暴露)						第 1 回回収		第 2 回回収		第 3 回回収		予備試験片あり
B試験片(継手暴露)						第 1 回回収		第 2 回回収		第 3 回回収		予備試験片あり
C試験片(すべり耐力)				初期すべり耐力試験		第 1 回回収		第 2 回回収		第 3 回回収		予備試験片あり
表面処理暴露試験								第 1 回回収		第 2 回回収		予備試験片あり
環境条件調査(NaCl, NO ₃)		全国41箇所										全国暴露試験関連
		新潟3箇所										大型暴露試験関連
設計・施工要領の作成				設計・施工要領(案)の作成(～61.3)								

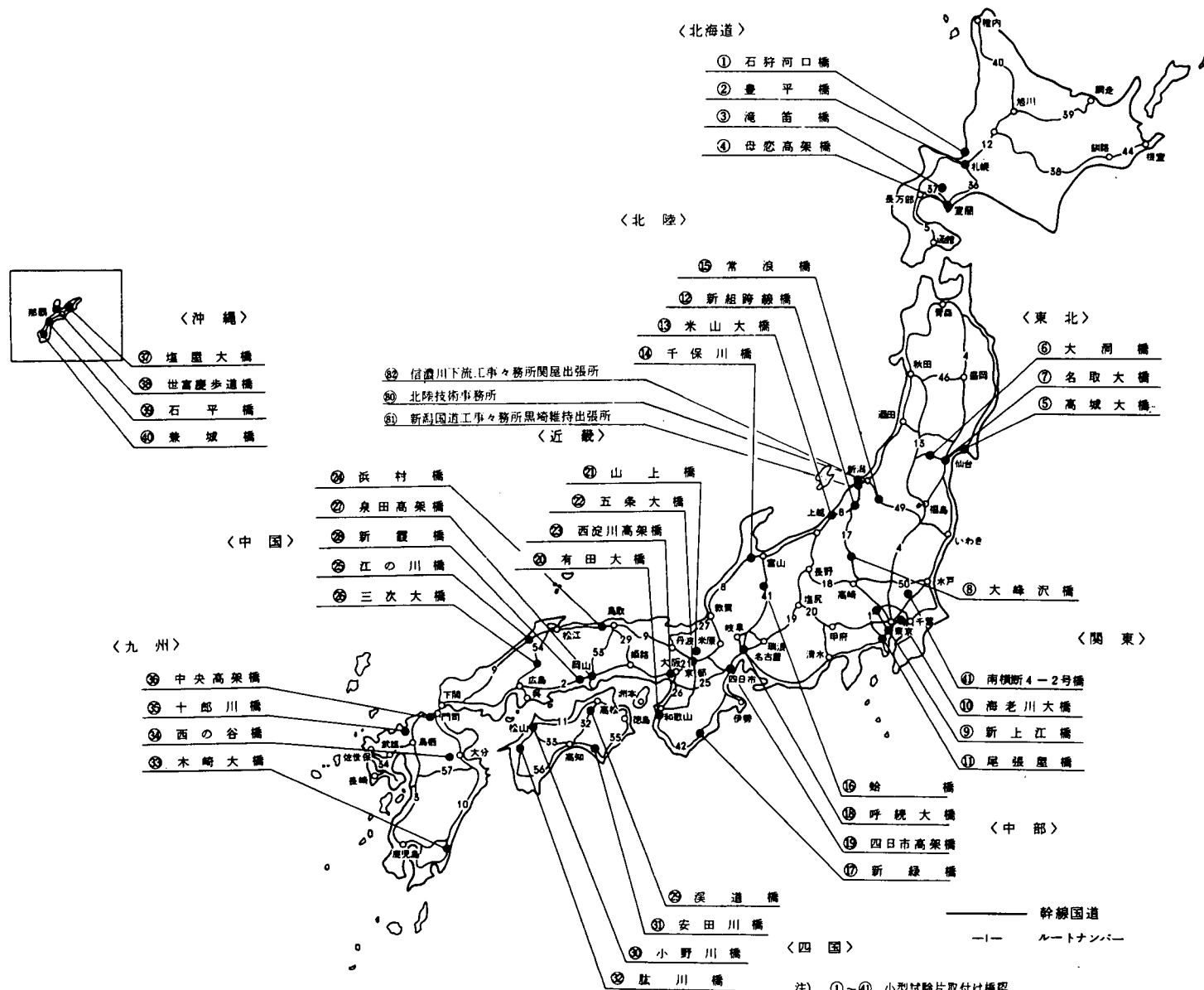


図-1.1 耐候性鋼材暴露試験実施場所

表- 1.3 暴露試験実施場所一覧表

	番号	橋 梁 名	設 置 場 所	環 境 条 件 ¹⁾	飛 来 塩 分 量 ²⁾ (mgNaCl/100 cm ² / day)	亜硫酸ガス濃度 ²⁾ (mgSO ₃ /100 cm ² / day)	海岸線からの距離 (km)	暴 露 試 験 の 種 類 ³⁾						番号
								全 国	部位別	大 型	溶接継手	高力ボルト	表面処理 ⁴⁾	
北海道	1	石 狩 河 口 橋	国道 231 号 石狩町地区	石狩湾に面し海岸部	0.396	0.067	1.5	○					○	1
	2	豊 平 橋	国道 36 号 札幌市地区	札幌市内・都市部	0.029	0.079	15.0	○					○	2
	3	滝 笛 橋	国道 276 号 千歳市地区	支笏湖側・山間部	0.042	0.000	40.0	○			○		○	3
	4	母 恋 高 架 橋	国道 36 号 室蘭市地区	室蘭市内・工業地帯太平洋岸	0.148	0.036	1.5	○					△	4
東 北	5	高 城 大 橋	国道 45 号 松島町地区	松島湾に面し海岸部	0.167	0.005	1.4	○					○	5
	6	大 洞 橋	国道 48 号 東根市地区	宮城 — 山形県境近く・山間部	0.013	0.002	45.0	○			○		○	6
	7	名 取 川 歩 道 橋	国道 4 号 仙台市地区	仙台市内・都市部	0.057	0.026	8.0	○					△	7
関 東	8	大 峰 沢 橋	国道 17 号 利根郡新治村地区	三国峠側・山間部	0.009	0.001	155.0	○					△	8
	9	新 上 江 橋	国道 16 号 大宮市地区	大宮市内・田園部	0.079	0.052	35.0	○					△	9
	10	海 老 川 大 橋	国道 357 号 船橋市地区	東京湾に面し工業地帯	0.185	0.140	0.0	○			○		○	10
	11	尾 張 屋 橋	国道 16 号 横浜市地区	横浜市内・都市部	0.027	0.067	2.0	○			○		○	11
北 陸	12	新 組 跨 線 橋	国道 8 号 長岡市地区	長岡市内・都市部	0.179	0.050	15.0	○					○	12
	13	米 山 大 橋	国道 8 号 柏崎市地区	日本海に面し海岸部(塩害問題)	0.681	0.023	0.3	○	○		○		○	13
	14	千 保 川 橋	国道 8 号 高岡市地区	高岡市内・工業地帯	0.083	0.063	6.0	○					△	14
	15	常 浪 橋	国道 49 号 津川町地区	新潟 — 福島県境近く・山間部	0.024	0.003	43.0	○					△	15
中 部	16	蛤 橋	国道 41 号 古川町地区	高山附近・山間部	0.026	0.030	57.0	○					△	16
	17	新 緑 橋	国道 42 号 御浜町地区	熊野灘に面し海岸部	0.296	0.019	0.2	○					○	17
	18	呼 続 大 橋	国道 1 号 名古屋市地区	名古屋市内・都市部	0.031	0.268	4.0	○					△	18
	19	四 日 市 高 架 橋	国道 23 号 四日市市地区	四日市市・工業地帯	0.082	0.109	1.6	○					△	19
近 畿	20	有 田 大 橋	国道 42 号 有田バイパス	紀伊水道に面し海岸部	0.156	0.099	1.8	○					△	20
	21	山 上 橋	国道 161 号 大津市地区	琵琶湖近く・山間部	0.022	0.027	52.0	○					○	21
	22	五 条 大 橋	国道 1 号 京都市地区	京都市内・都市部	0.040	0.036	48.0	○					○	22
	23	西 淀 川 高 架 橋	国道 43 号 大阪市地区	大阪市・工業地帯	0.152	0.245	2.0	○			○		○	23
中 国	24	浜 村 橋	国道 9 号 気高郡宝木地区	山陰・日本海に面し海岸部	1.712	0.028	0.1	○	○		○		○	24
	25	江 の 川 橋	国道 9 号 江津市地区	"	0.104	0.065	1.0	○					△	25
	26	三 次 大 橋	国道 54 号 三次市地区	三次市附近・山間部	0.043	0.010	56.0	○					△	26
	27	泉 田 高 架 橋	国道 2 号 岡山市地区	岡山市内・都市部	0.105	0.242	4.7	○					△	27
	28	新 霞 橋	国道 2 号 倉敷市地区	倉敷市・工業地帯	0.041	0.071	4.0	○					○	28
四 国	29	溪 道 橋	国道 32 号	香川 — 徳島県境近く・山間部	0.005	0.018	15.0	○					○	29
	30	小 野 川 橋	国道 33 号 松山市地区	松山市内・都市部	0.036	0.071	7.6	○					○	30
	31	安 田 川 橋	国道 55 号 安田町地区	土佐湾に面し海岸部	0.462	0.033	0.1	○			○		△	31
	32	肱 川 橋	国道 56 号 大州市地区	大州盆地内・きわめて多湿	0.031	0.015	13.0	○					△	32
九 州	33	木 崎 大 橋	国道 220 号 宮崎市地区	日向灘に面し海岸部	0.355	0.036	0.8	○					△	33
	34	西 の 谷 橋	国道 210 号 玖珠郡檜原地区	大分県・山間部	0.024	0.013	24.0	○			○		△	34
	35	十 郎 川 橋	国道 202 号 福岡市地区	福岡市近郊・都市部	0.159	0.032	1.8	○					△	35
	36	中 央 高 架 橋	国道 3 号 北九州市地区	北九州市・工業地帯	0.034	0.118	4.5	○					△	36
沖 縄	37	塩 屋 大 橋	国道 58 号	塩屋湾に面し海岸部	1.127	0.001	0.0	○	○		○		○	37
	38	世 富 慶 歩 道 橋	国道 58 号 名護市地区	名護湾に面し海岸部	0.362	0.059	0.3	○					△	38
	39	石 平 橋	国道 330 号 沖縄市地区	南部・山間部	0.128	0.004	2.8	○					○	39
	40	兼 城 橋	国道 329 号	"	0.113	0.002	3.5	○					△	40
土 研	41	南横断 4-2 号橋	土木研究所内道路	筑波田園部	0.018	0.023	45.0	○				○	○	41
北 陸	80	事 務 所 屋 上	北陸技術事務所	信濃川沿い(海岸から 4 km)	0.200	0.035	4.0			○	○			80
	81	出 張 所 屋 上	新潟国道工事事務所黒崎出張所	信濃川沿い(海岸から 6 km)	0.145	0.045	6.0			○	○			81
	82	出 張 所 屋 上	信濃川下流工事事務所関屋出張所	信濃川沿い(海岸から 0.2 km)	1.116	0.026	0.2			○	○	○ ⁵⁾		82

注意事項 1) 各事務所の担当者の申告による。

2) 年平均値で示す。

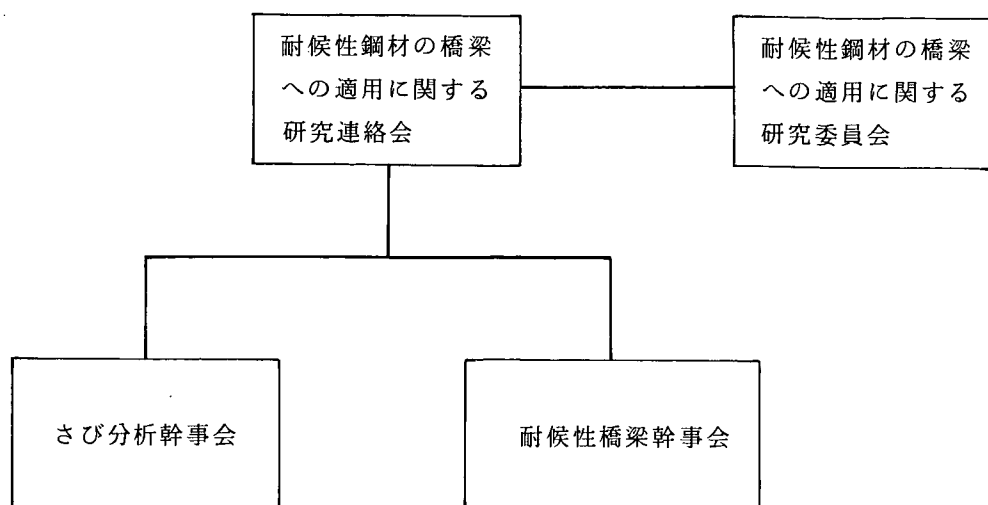
3) 各暴露試験の内容は表- 1.1 参照

4) 表面処理の種類によって F~I 鋼種に分類しており、○印は F, G 鋼種の 2 種を、△印は H, I 鋼種の 2 種を暴露していることをそれぞれ表す。

5) 暴露位置は出張所の屋上ではなく、出張所のそばに架台を設け、それに取付けている。また A, B 試験片のみである。

表- 1.4 暴露試験片化学成分含有量

符号	表 面	鋼 種	化 学 成 分 (wt%)									概 要
			C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Nb	
A	裸	SM50	0.17	0.32	1.39	0.016	0.012	—	—	—	—	普通鋼の比較材 Ceq = 0.41
B	裸	SMA50AW 〔中央値狙い〕	0.12	0.39	0.90	0.008	0.006	0.36	0.61	0.22	0.014	新 JIS ・ 化学成分の中央値 Ceq = 0.41
C	裸	SMA50AW 〔下限値狙い〕	0.11	0.20	0.68	0.014	0.010	0.30	0.51	0.13	—	新 JIS ・ 化学成分の下限値 Ceq = 0.34
D	裸	P-Cu-Cr-Ni	0.06	0.36	1.26	0.091	0.006	0.34	0.35	0.30	Ti; 0.015 V; 0.05	JIS G 3144 「溶接構造用耐候性熱間圧延鋼材」の「P」を0.070～0.150%として 耐候性能の向上を計り、同時に溶接性、靱性および溶接継手性能改善のため、「C」 を0.08%以下とし、「Ti」を0.005～0.05%添加した溶接構造用高リン型耐候性鋼 板。 Ceq = 0.37
E	裸	P-Cu	0.06	0.53	1.42	0.085	0.004	0.32	—	—	0.02 Ti; 0.02	高「P」系の耐候性の効果に着目して、しかも、海塩粒子の多い環境（洋上部、飛沫 部、多湿部）での腐食や海水中における孔食に対して耐食性を向上させたもの。溶接 性を改善するため、「C」= 0.10%以下と低炭素系にしている。 Ceq = 0.32
F	表面処理 (ウェザーコート法)	SMA50AW 〔中央値狙い〕	0.11	0.34	0.85	0.016	0.009	0.35	0.56	0.14	V; 0.05	ウェザーコート1000とブレバレンの被膜の2層からなり、ウェザーコート1000被膜 は耐候性鋼表面を化成処理（化学反応）し、生成した複合リン酸塩を主成分とする結 晶性無機質の被膜。ブレバレン被膜はウェザーコート1000被膜の上に吹付、又は塗 布した多孔質の有機皮膜（アクリル樹脂）で、通気、通水性に富む。 Ceq = 0.38
G	表面処理 (NKコート)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	SO ₄ ²⁻ 、Cl ⁻ 等腐蝕性イオンを吸着する上塗層と鉄イオンを被膜中に閉じ込めて、錆 汁の流出を防止する下塗層からなり、ショップ・プライマーと同様に処理出来る施 工性の良い錆安定化処理剤。
H	表面処理 (N処理)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	N処理による生成被膜は、Nプライマー及びN上塗りの2層からなり、いずれも吹付 又は塗布作業による。Nプライマーは被膜中のリン酸などを含有し、ウォッシュプ ライマーに近い組成のもので、N上塗りはアクリル樹脂塗料。
I	表面処理 (RSコート)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	処理被膜は1層からなり、ウレタン樹脂塗料に添加物を加えて、鉄イオンを被膜中に 吸い上げ、錆汁の流出を防止し、錆安定化する。チョコレート色。



図－ 1.2 共同研究の組織図

表－ 1.5 幹事会の作業分担

幹 事 会 名	作 業 内 容
さび分析幹事会	各暴露試験の化学分析 各暴露試験の重量分析
耐候性橋梁幹事会	耐候性鋼材を橋梁に適用する際の問題点の検討

2. 全国暴露試験の概要

2.1 耐候性鋼材の種類

暴露試験の対象とした鋼材は耐候性鋼材 4 種類 (B~E) と比較材としての普通鋼 1 種類 (A) である。
また耐候性鋼材に表面処理したもの (F~I) を加えている (表-1.4)。

2.2 暴露試験片

(1) 試験片の形状寸法

1) 1 枚の試験片の大きさ (図-2.1 参照)

寸法: 100 × 150 × 8 (mm) 重量: 942 g

2) 試験片の表面仕上げ

a. 裸試験片: 表・裏・側各面共, ブラスト仕上げし, 表面粗さ (JIS B0601) は 50 S 以下とする。

b. 表面処理試験片: a 項と同一条件で仕上げたものに, 50 μ 程度の処理被膜を付けるものとする。

重量 (全数) と表面粗さ (一部) を測定した。

3) 試験片の番号表示

番号表示要領

- 文 字: 5mm 角の大きさ
- 方 法: 刻印打刻
- 文字桁数: 6 桁
- 位 置: 右上隅, 表面側

(2) 暴露試験片の番号

暴露試験片には一連の番号が刻印してある。

1) 試験片番号表示

試験片の番号表示は 6 桁とし, 内容はつぎのとおり。

1 桁目: 鋼種及び表面処理種類

A	B	C	D	E	F	G	H	I
鋼種					表面処理			

2・3 桁目: 橋の番号

01 ————— 41

4 桁目: 暴露年数

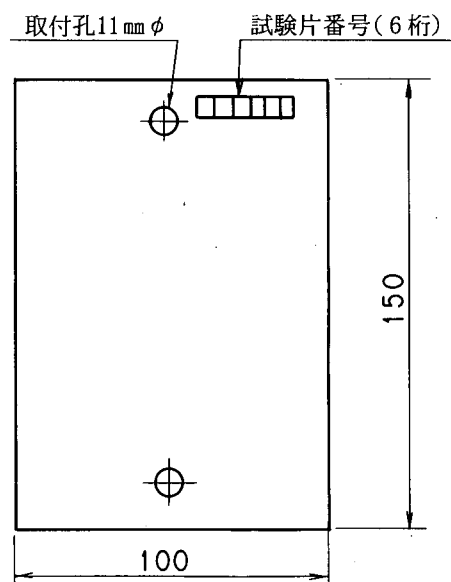
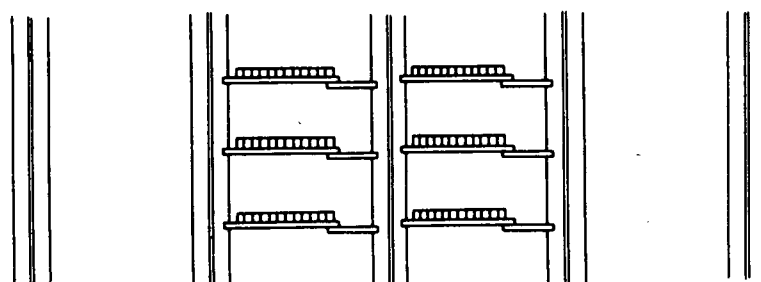
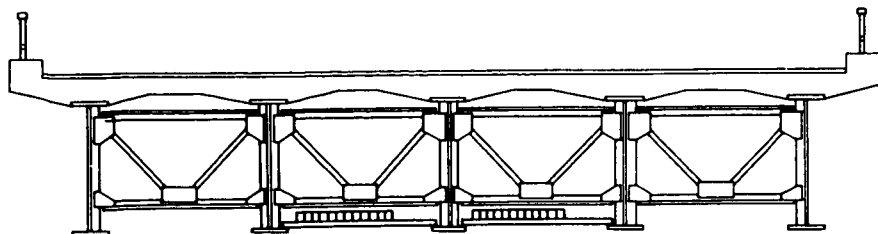
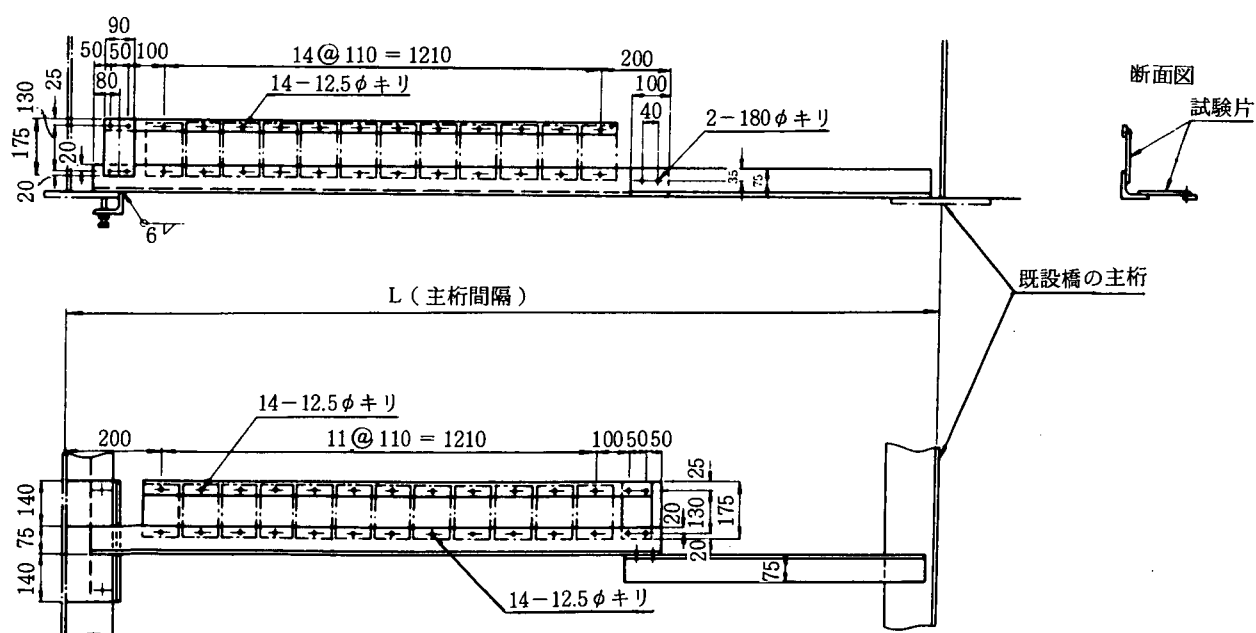


図-2.1 暴露試験片



(1) 一般図



(2) 詳細図

図- 2. 2 試験片取付け架台

1	2	3	4	5	6
1年	3年	5年	7年	10年	予備

○表面処理材は、4, 5, 6の3枚とする。

5 桁目：暴露方向

V	H
垂直方向	水平方向

6 桁目：繰返し数

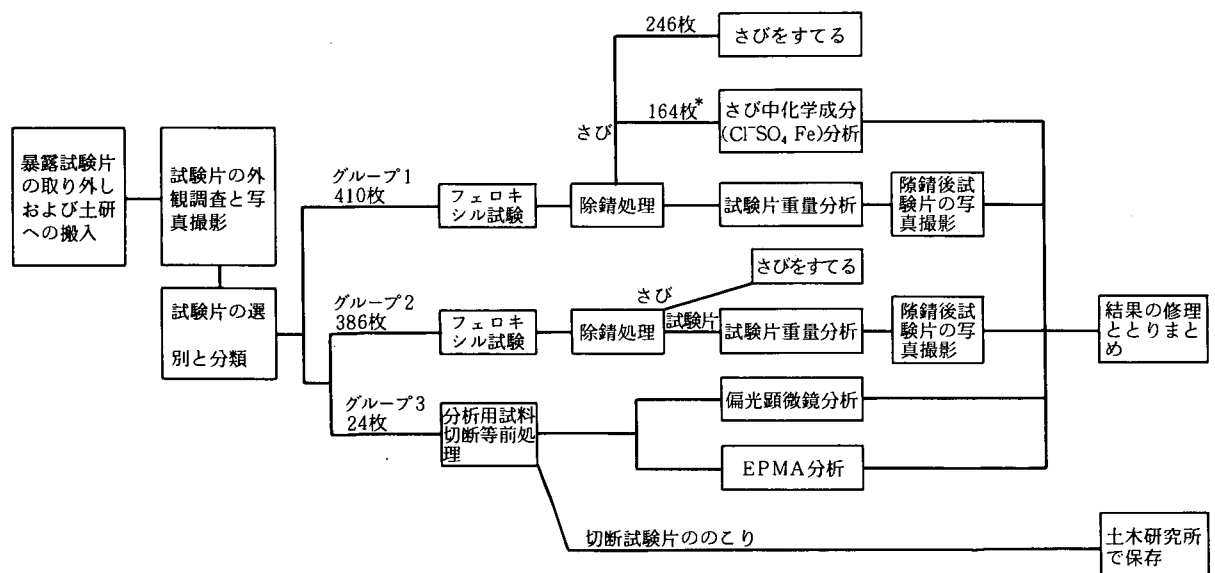
1	2
No. 1	No. 2

○部位別試験の場合は、2・3桁目に次の番号を用いる。

51, 61, 71 山 側 52, 62, 72 海 側

2.3 調査項目

試験片の調査のフローを図-2.3に示す。なお、本年はグループ3の特殊試験に24枚の試験片を使用した。



試験片枚数内訳

グループ1：410枚=41(橋)×2(方向)×5(鋼種)

グループ2：410枚よりグループ3の24枚をさしひく。

グループ3：24枚=6(橋)×2(方向)×2(鋼種：SM50, SMA50中央)

*：164枚=41(橋)×2(方向)×2(鋼種：SM50, SMA50中央)

図-2.3 調査のフロー(昭和59年度)

暴露試験後の試験片の調査方法を以下に述べるが、調査の詳細は、附属資料「さび分析に関する調査要領」を参照されたい。

(1) 外観観察

820 枚の試験片について建設省・土木研究所に搬入した後、外観調査（昭和59年10月）を行った。
あわせてカラー写真記録を行った。

- 外観調査項目
- ① さびの色調
 - ② さびの粗密
 - ③ さびの色むら
 - ④ セロテープによる剥離試験
 - ⑤ さび安定化の程度

さびの色調、粗密、色むら、さび安定化の程度については、標準写真をもとに5段階に分類して評価している。

(2) フェロキシル試験

フェロキシル液の呈色反応によって、さび層のピンホール数およびその大きさを測定し、さび層の緻密さを測定しようとするものである。

なお、ピンホールはさび表面の地鉄の露出度の目安を表わすものであり、これによってさび層の緻密さを把握しようとするものである。（JIS H 8617 附属書 3，フェロキシル試験法による）

(3) 偏光顕微鏡によるさび層の断面観察

偏光顕微鏡を用いてさび層の断面を観察し、非偏光層の状況から、安定さび層の厚さや形成層分を測定する。

(4) EPMAによるさび層の断面観察

EPMA (Electron Probe Micro-Analyzer, 微少元素分析装置を備えた走査型電子顕微鏡) を用いて、さび層断面の主要 6 元素の濃度を測定し、安定さび生成を判断する。EPMA には線分析および面分析の 2 種の方法があるが、ここでは両方行う。

(5) さびの化学分析

さび中の腐食因子である塩素および硫黄の量を測定し、試験環境の腐食性の指標を得る。

(6) 表面あらさ測定

除錆後の暴露試験片の表面あらさを測定し、腐食量との相関性を見る。

3. 調査結果と考察

3.1 外観結果

今回3年目の外観観察は、以下のような手順によって実施した。

まず、外観を写真に撮ることにより記録し、次にこれらの写真により表-3.1.1の基準を満たす標準写真を選び、この標準写真と比較することにより全体の試験片の外観を判定した。

なお、標準写真は、1年目では表-3.1.1に示す評点1～4に相当するものを選んだが、3年目では、3年目においてもまださびが少ない試験片もあることから、1年目の4段階の評価に加えて、評点5として、さびが少ない標準写真を追加した。また、同じ評点1～4でも1年目と3年目の標準写真は異なるものとなっている。

今回の調査では耐候性鋼材の鋼種間の差があまりないと判断したので、B種を耐候性鋼材の代表としてみることにした。次にB種を普通鋼と比較すると、3年目においてはまだ明確な差がみられなかった。そこで、ここでは耐候性鋼材について調べるのが目的であるので、以下では鋼材B種について考察する。

外観調査の結果の一部を表-3.1.2に示す。但し、上述の通り評価方法が異なっているため1年目のデータとは単純に比較することができないので、3年目のデータだけでまとめている。参考のために図-3.1.2に1年目の標準写真を示す。また水平方向については表、裏それぞれについて判定したが、垂直方向は表、裏の評価に殆ど差がないので、片面についてのみ判定している。

表-3.1.3および図-3.1.3は環境条件と外観の関係を示したものである。この図から水平方向表面、水平方向裏面、垂直方向の順に錆安定化が遅れている傾向があることがわかる。これは特に山間部では顕著である。同様の傾向は図-3.1.4, 5, 6で更にはっきり表れている。図-3.1.4, 5, 6は外観と平均板厚減少量の関係を環境条件別にまとめたものであり、どの環境条件についても外観の錆安定化が遅れているほど平均板厚減少量も増える傾向にあることがわかる。供試体の方向についてはいずれの図も垂直方向、水平方向裏面、水平方向表面の順にプロットが右上に動き、錆安定化が遅れたものが多くなる傾向がわかる。また図-3.1.4, 5, 6を環境条件別にみると、海岸部は右上にプロットが多く(板厚減少量が大きく、錆安定化が遅れている)、山間部や都市部は左下に集中している。

以上を総合すると、海岸部は3年目においては錆安定化は殆どせず、他の環境条件に比べて腐食が激しい。都市部、山間部は、まだ錆の少ないものが少なくなく、3年間は安定化に必ずしも十分な期間ではないことがわかる。錆安定化が進んでいると考えられる外観評点3, 4に最も集中しているのは、山間部である。

平均板厚減少量の経年変化からも、3年目ではまだ全体的に安定化が進んでいないと考えられ、外観が今後どのように変化するか注目する必要がある。

表－ 3.1.1 外観調査結果の評価点数

評点	外 観	代表例の写真
5	さびが少ない	B 022 V 1 表
4	最も錆安定化が進んでいる	B 032 V 1 表
3	錆安定化が進んでいる	B 032 H 1 裏
2	錆安定化が遅れている	B 312 V 1 表
1	最も錆安定化が遅れている	B 172 H 1 表

* なお、実際の評価は標準写真による。

* 評価 1 から 4 まではいずれも発錆があり、その錆の安定化の進行度を評点化したものであるのに対し、評点 5 は錆の発生そのものが遅れているものであり、評点 4 よりも錆の安定化が進んでいるということではない。評点 5 としたのは便宜上の表示であり、本来は同列に比較のできないものである。

表-3.1.2 外観調査結果

	番号	橋 梁 名	鋼 種 A			鋼 種 B			環 境 条 件
			垂直	水 平		垂直	水 平		
				表	裏		表	裏	
北海道	1	石 狩 河 口 橋	2	2	2	2	2	2	石狩湾に面し海岸部
	2	豊 平 橋	5	5	5	5	5	5	札幌市内・都市部
	3	滝 笛 橋	3	4	3	4	2	3	支笏湖側・山間部
	4	母 恋 高 架 橋	3	2	3	4	2	3	室蘭市内・工業地帯太平洋岸
東北	5	高 城 大 橋	4	4	4	4	3	3	松島湾に面し海岸部
	6	大 洞 橋	4	3	4	4	3	4	宮城－山形県境近く・山間部
	7	名 取 大 橋	3	2	3	4	2	4	仙台市内・都市部
関東	8	大 峰 沢 橋	4	3	4	4	3	4	三国峠側・山間部
	9	新 上 江 橋	3	2	4	5	2	4	大宮市内・田園部
	10	海 老 川 大 橋	2	2	2	2	2	2	東京湾に面し工業地帯
	11	尾 張 屋 橋	5	5	5	5	4	5	横浜市内・都市部
北 陸	12	新 組 跨 線 橋	3	1	2	3	1	1	長岡市内・都市部
	13	米 山 大 橋	1	1	1	1	1	1	日本海に面し海岸部（塩害問題）
	14	千 保 川 橋	3	4	4	2	3	3	高岡市内・工業地帯
	15	常 浪 橋	5	3	3	3	3	3	新潟・福島県境近く・山間部
中 部	16	蛤 橋	5	3	5	4	3	5	高山附近・山間部
	17	新 緑 橋	2	1	2	2	1	1	熊野灘に面し海岸部
	18	呼 続 大 橋	5	4	5	5	5	5	名古屋市内・都市部
	19	四 日 市 高 架 橋	4	4	4	5	3	5	四日市市・工業地帯
近 畿	20	有 田 大 橋	5	5	5	4	3	3	紀伊水道に面し海岸部
	21	山 上 橋	4	3	5	5	3	4	琵琶湖近く・山間部
	22	五 条 大 橋	5	4	5	5	5	5	京都市内・都市部
	23	西 淀 川 高 架 橋	5	4	5	5	5	5	大阪市・工業地帯
中 国	24	浜 村 橋	1	1	1	1	1	1	山陰・日本海に面し海岸部
	25	江 の 川 橋	3	2	3	3	1	3	〃
	26	三 次 大 橋	2	3	5	3	2	4	三次市附近・山間部
	27	泉 田 高 架 橋	5	2	5	4	5	5	岡山市内・都市部
	28	新 霞 橋	5	5	4	4	5	4	倉敷市・工業地帯
四 国	29	溪 道 橋	4	3	5	5	3	4	香川－徳島県境近く・山間部
	30	小 野 川 橋	5	3	3	4	3	4	松山市内・都市部
	31	安 田 川 橋	2	1	2	2	1	2	土佐湾に面し海岸部
	32	肱 川 橋	4	2	3	5	2	3	大州盆地内・きわめて多湿
九 州	33	木 崎 大 橋	2	1	2	2	2	2	日向灘に面し海岸部
	34	西 の 谷 橋	4	3	4	5	3	3	大分県・山間部
	35	十 郎 川 橋	3	2	3	5	2	2	福岡市近郊・都市部
	36	中 央 高 架 橋	5	5	5	5	5	5	北九州市・工業地帯
沖 縄	37	塩 屋 大 橋	1	1	1	1	1	1	塩屋湾に面し海岸部
	38	世 富 慶 歩 道 橋	2	2	2	1	1	2	名護湾に面し海岸部
	39	石 平 橋	5	2	3	5	2	3	南部・山間部
	40	兼 城 橋	2	2	2	2	2	2	〃
土研	41	南横断 4－2 号橋	5	5	5	5	4	4	筑波田園部

表－3.1.3 鋼種Bの3年目の外観

環境条件と外観（表中の数値は供試体の数を示す）

a) 垂直方向暴露

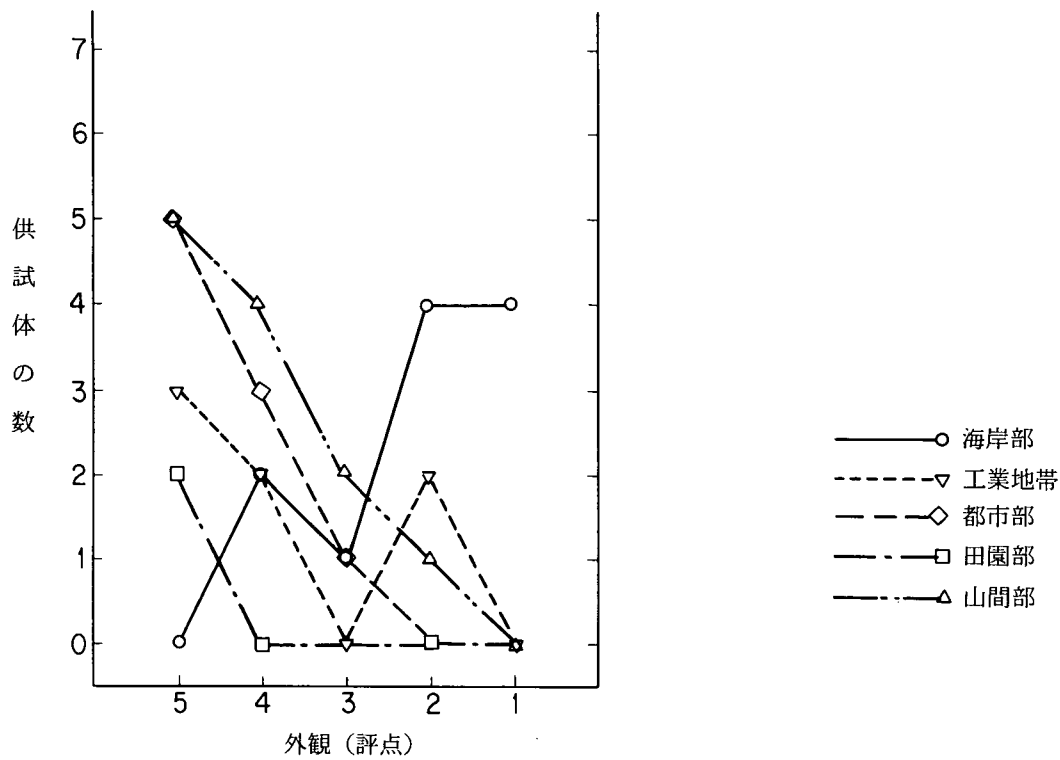
評点 \ 地域	海 岸 部	工業地帯	都 市 部	田園地帯	山 間 部
5	0	3	5	2	5
4	2	2	3	0	4
3	1	0	1	0	2
2	4	2	0	0	1
1	4	0	0	0	0

b) 水平方向暴露（表面）

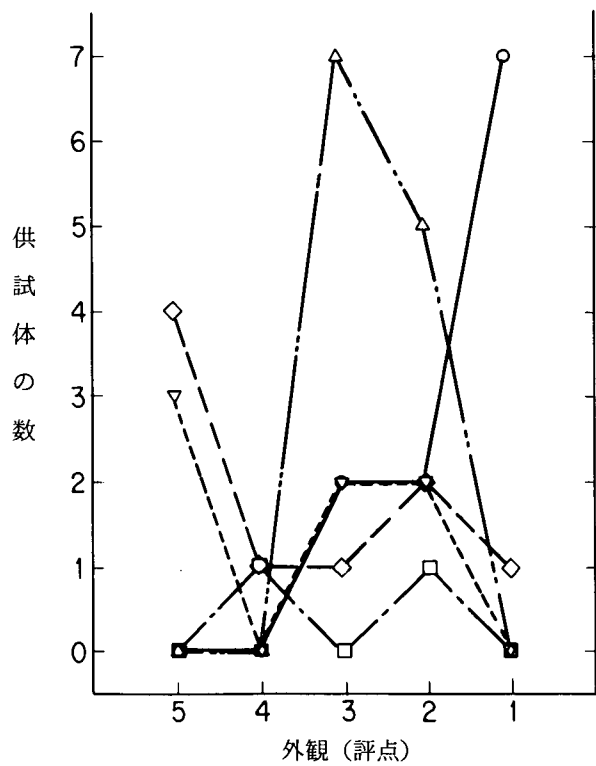
評点 \ 地域	海 岸 部	工業地帯	都 市 部	田園地帯	山 間 部
5	0	3	4	0	0
4	0	0	1	1	0
3	2	2	1	0	7
2	2	2	2	1	5
1	7	0	1	0	0

c) 水平方向暴露（裏面）

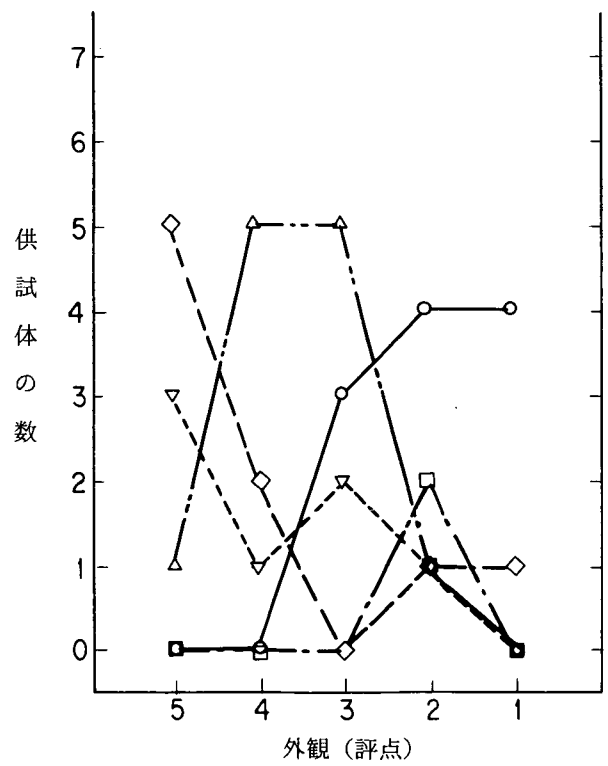
評点 \ 地域	海 岸 部	工業地帯	都 市 部	田園地帯	山 間 部
5	0	3	5	0	1
4	0	1	2	2	5
3	3	2	0	0	5
2	4	1	1	0	1
1	4	0	1	0	0



a) 垂直方向暴露



b) 水平方向暴露 (表面)



c) 水平方向暴露 (裏面)

図-3.1.3 鋼種Bの3年目の外観 (環境条件と外観)

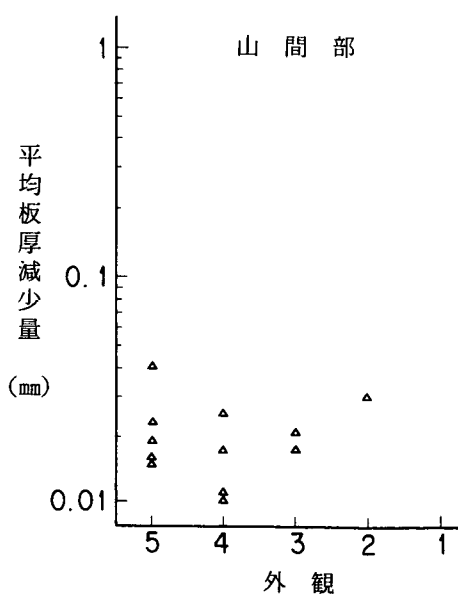
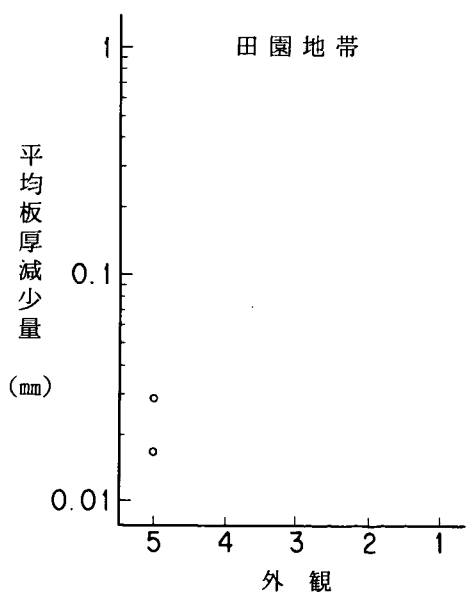
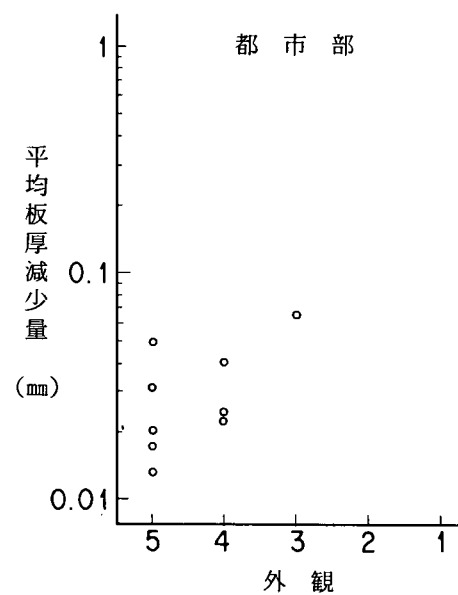
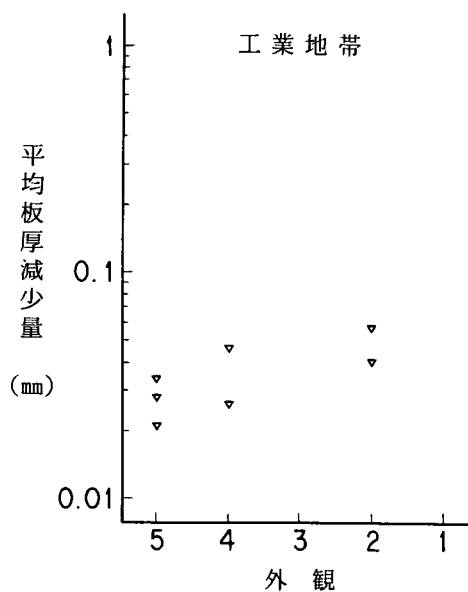
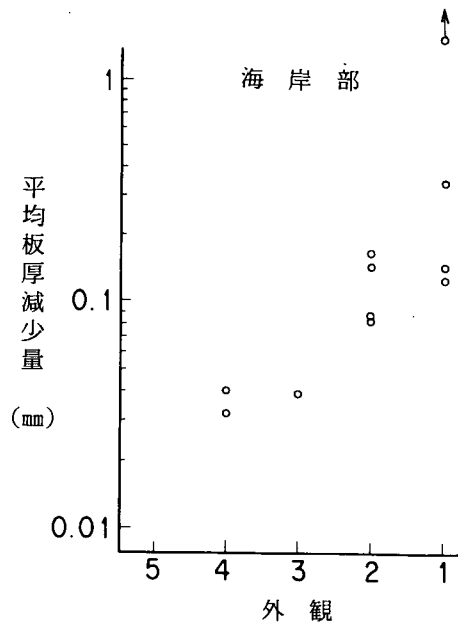
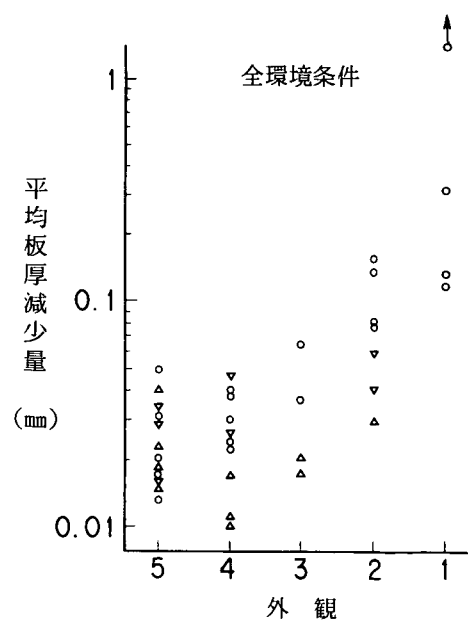


図-3.1.4 平均板厚減少量と外観（鋼種B・垂直方向暴露）

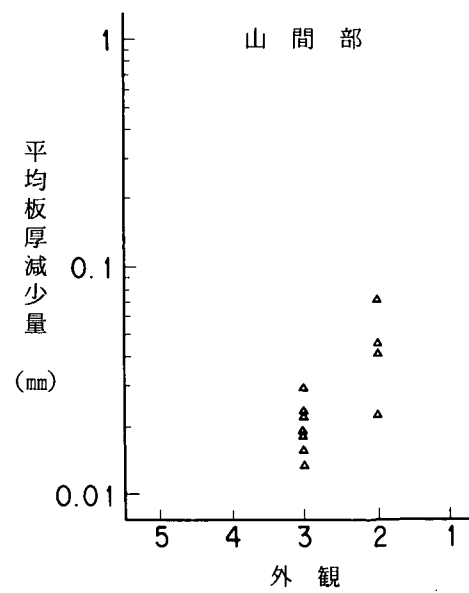
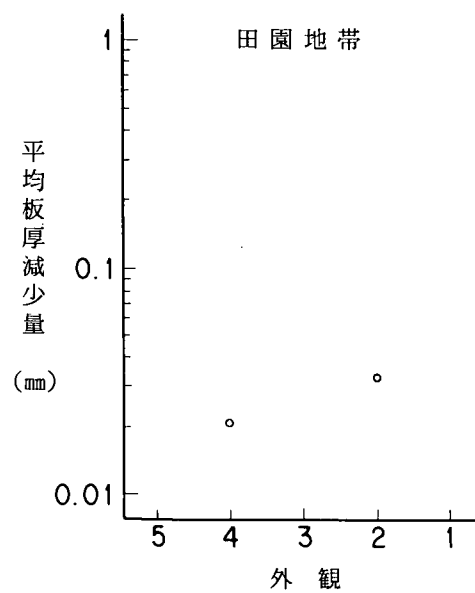
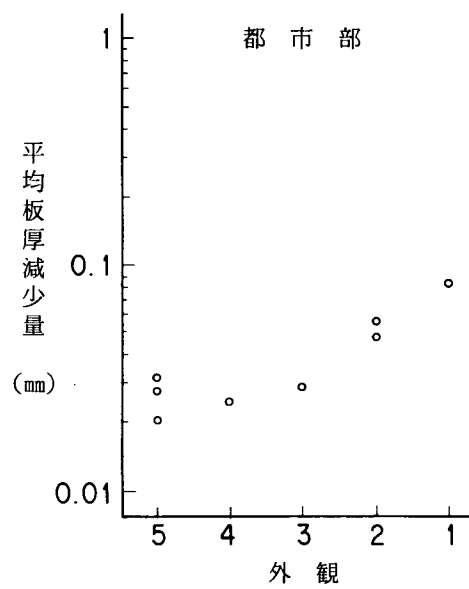
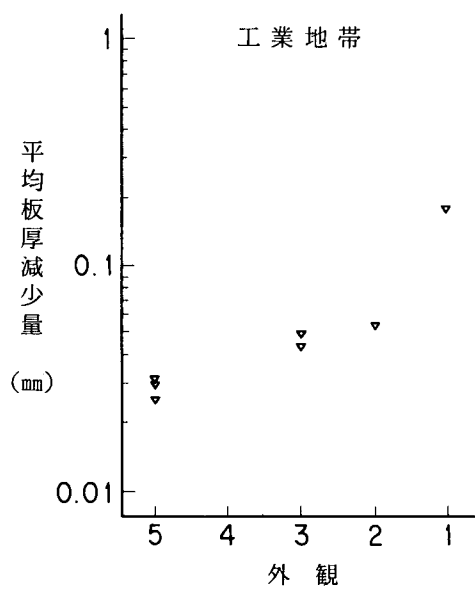
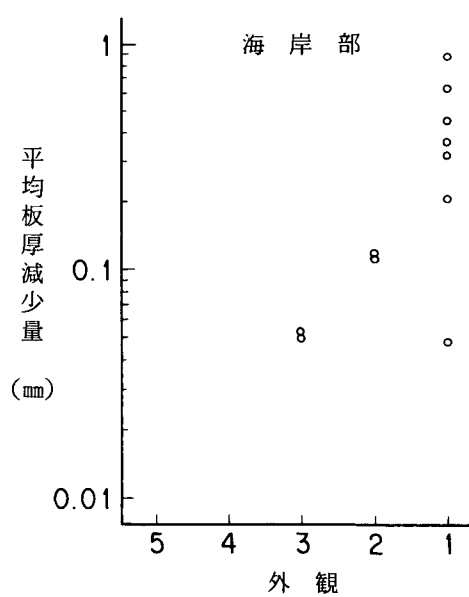
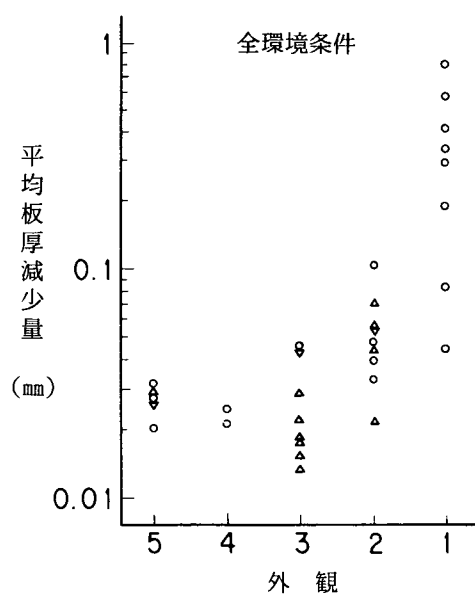


図-3.1.5 平均板厚減少量と外観（鋼種B・水平方向暴露・表面）

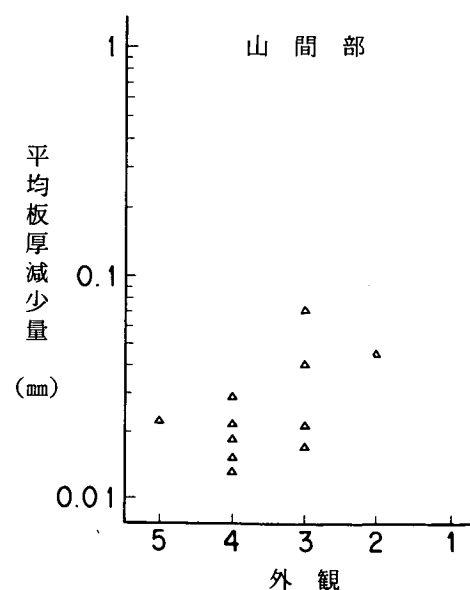
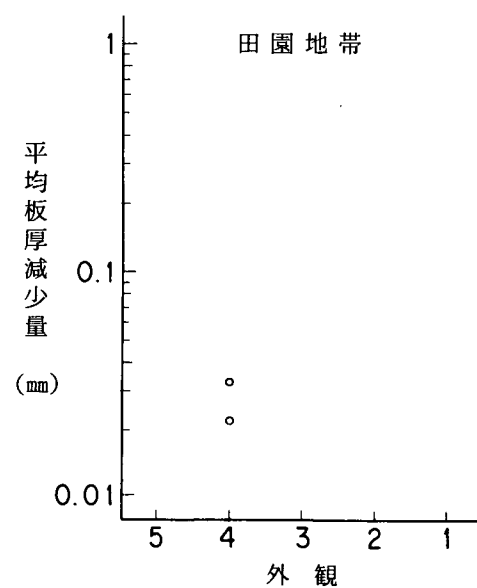
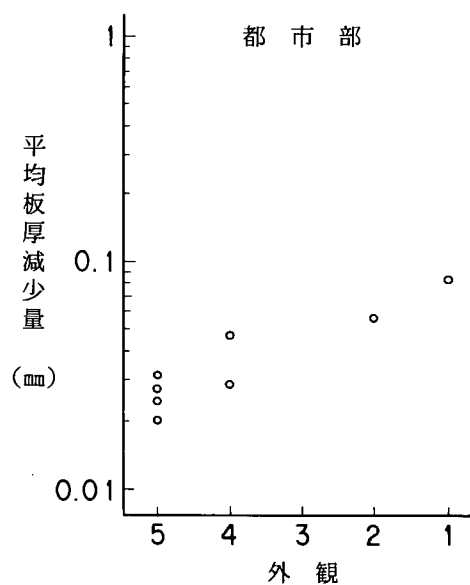
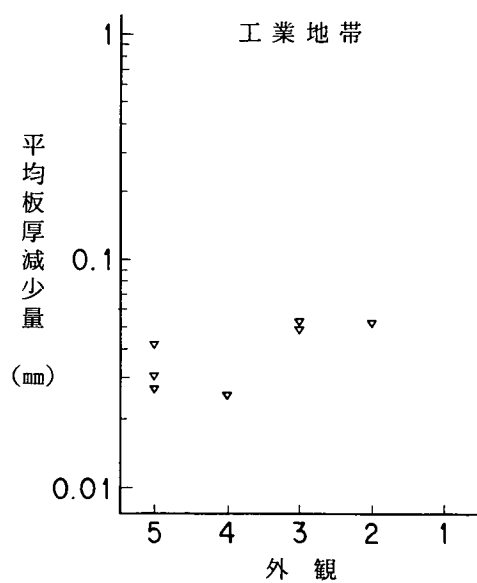
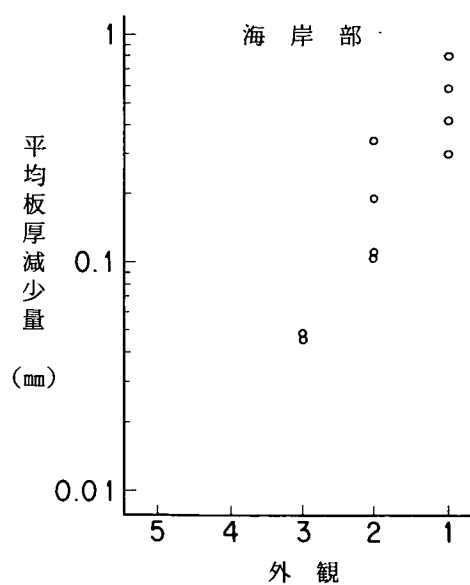
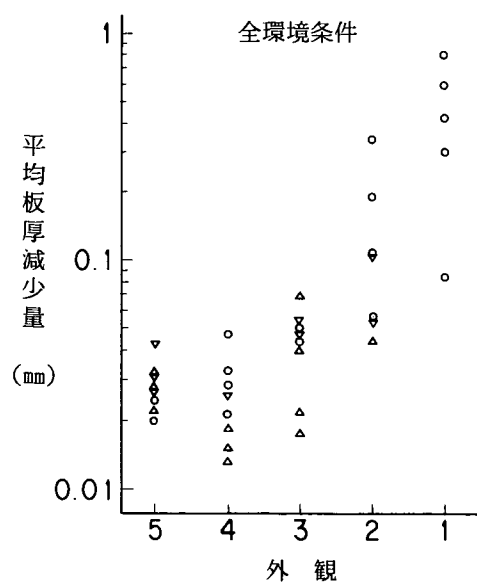


図-3.1.6 平均板厚減少量と外観 (鋼種B・水平方向暴露・裏面)

表－3.1.4 3年目回収試験片の外観調査結果
(B試験片 (SMA 50AW) のさび安定化の程度・評価結果)

評 点	橋 梁 番 号				代表試験片
	1 ～ 9	11 ～ 19	20 ～ 29	30 ～ 41	
1		12. 13. 17	24. 25.	31. 37. 38	B 17 2H1 表
2	1. 3. 4. 7. 9	10. 14. 17.	26.	31. 32. 33. 35 38. 39. 40.	B 31 2V1 表
3	3. 4. 5. 6. 8.	12. 14. 15. 16. 19.	20. 21. 25. 26. 29.	30. 32. 34. 39	B 03 2H1 裏
4	3. 4. 5. 6. 7. 8.	11. 16	20. 21. 26. 27. 28. 29	30. 41	B 03 2V1 表
5	2. 9.	11. 16. 18. 19.	21. 22. 23. 27. 28. 29	32. 34. 35. 36. 39. 41.	B 02 2V1 表

注1) 評点の説明：1. もっともさび安定化が遅れている。
2. さび安定化が遅れている。
3. さび安定化がすすんでいる。
4. もっともさび安定化がすすんでいる。
5. さび化が少なく安定化が遅れている。

注2) 他の鋼種 (試験片, C/D/E) についてもさび安定化の程度を観察したが, B試験片と全く同様であった。

注3) 橋梁番号が複数個あるのは, 同一橋梁でも垂直と水平, 表裏で評価が異なる場合である。

3.2 フェロキシル試験結果

フェロキシル試験は、796枚の試験片の表裏両面について実施した。評価基準は5分類とし、鋼種A, B, C, D, E, 各々について評価した。

表-3.2.1~2にフェロキシル試験結果の評価を示す。

なお、次の橋梁については、さびの層状剥離が生じていたため、すべて“評価値1”としてまとめた。

さびの層状剥離が生じていた橋梁番号

鋼 種				
A	B	C	D	E
—	—	—	1	1
—	—	12	12	12
13	13	13	13	13
17	17	17	17	17
24	24	24	24	24
—	—	25	—	25
—	31	31	31	31
33	33	33	33	33
—	—	—	35	—
37	37	37	37	37
38	38	38	38	38

No. 1	石狩河口橋（北海道）	*
12	新組跨線橋（北陸）	*
13	米山大橋（北陸）	
17	新緑橋（中部）	
24	浜村橋（中国）	
25	江の川橋（中国）	*
31	安田川橋（四国）	*
33	木崎大橋（九州）	
35	十郎川橋（九州）	*
37	塩屋大橋（沖縄）	
38	世富慶歩道橋（沖縄）	*

* 3年目でさびの層状剥離が生じた橋。

結果を要約すると次の通りである。

- ① 海岸部の橋梁は、No.5高城大橋、No.20有田大橋以外は全て層状剥離が生じていた。海岸部以外の環境では、No.12新組跨線橋、No.35十郎川橋に層状剥離があった。

経年変化により、さびの層状剥離を生じた橋梁が6橋梁（上記*印）増え11橋梁となった。

- ② 海岸部以外の環境では、鋼種間に有意な差は見られない。
- ③ 山間部以外ではフェロキシル試験結果は外観観察結果とあまり対応していないが、山間部では、比較的対応している。
- ④ フェロキシル試験結果は、1年目より3年目の結果の方が評価点は上がっている。
- ⑤ 図-3.2.1に、鋼種Bの垂直方向のフェロキシル試験結果と腐食量の関係を示す。層状剥離の見られる試験片を除けば、腐食量が多いほど、評価点も高くなる傾向が見られる。

表－ 3.2.1 フェロキシル試験結果（評価点試験片表・裏× 2 体の平均値） 暴露試験 3 年目（その 1）

橋 梁 番 号	鋼 種 A		鋼 種 B		鋼 種 C		鋼 種 D		鋼 種 E	
	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向
01 石 狩 河 口 橋	4.0	4.75	4.75	5.0*1.0	4.25	5.0*1.0	4.25*1.0	4.5*1.0	4.0	4.5*1.0
02 豊 平 橋	3.5	2.75	3.0	3.5	2.0	2.5	2.0	2.5	2.0	2.75
03 滝 笛 橋	3.75	4.25	4.0	4.25	3.0	3.5	3.0	3.5	3.0	3.5
04 母 恋 高 架 橋	3.5	4.25	4.0	4.25	4.0	3.5	3.5	3.5	4.0	3.75
05 高 城 大 橋	3.75	3.75	3.75	4.25	3.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.5
06 大 洞 橋	3.25	3.5	3.0	3.5	3.0	3.25	3.0	3.5	3.0	3.0
07 名取川歩道橋	3.5	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	3.25	3.75
08 大 峰 沢 橋	3.0	3.25	3.25	3.75	3.0	3.0	3.0	3.0	3.25	3.75
09 新 上 江 橋	4.0	4.5	4.0	4.0	3.0	3.5	4.0	4.0	3.5	4.0
10 海 老 川 大 橋	4.5	4.25	4.25	4.25	4.0	4.25	4.0	4.0	4.0	4.0
11 屋 張 屋 橋	3.0	3.5	3.75	4.0	3.0	3.5	3.0	4.25	3.0	3.25
12 新 組 跨 線 橋	4.5	4.75	4.0	3.0	4.0*1.0	4.5*1.0	4.0*1.0	4.25*1.0	4.0*1.0	4.25*1.0
13 米 山 大 橋	*1.0	*1.0	*1.0	*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0
14 千 保 川 橋	3.75	4.0	3.25	3.75	3.75	3.75	3.0	3.75	3.0	3.5
15 常 浪 橋	3.0	3.5	3.0	3.5	2.5	3.5	3.0	3.5	3.0	3.25
16 蛤 橋	3.25	3.75	3.0	3.75	3.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0
17 新 緑 橋	*1.0	*1.0	*1.0	*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0
18 呼 続 大 橋	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.25	3.0	3.0
19 四日市高架橋	4.0	4.0	3.75	4.0	3.5	3.5	3.0	3.25	3.0	3.75
20 有 田 大 橋	3.5	4.0	4.0	4.0	3.25	4.0	3.25	3.75	4.0	4.0
21 山 上 橋	3.25	3.75	3.5	4.25	3.75	3.5	3.0	3.25	3.0	3.25

*：層状剥離が生じている場合はフェロキシル試験では見かけ上評価点が高くなっているが、評価点は 1.0 である。

表-3.2.2 フェロキシル試験結果(評価点) 暴露試験3年目(その2)

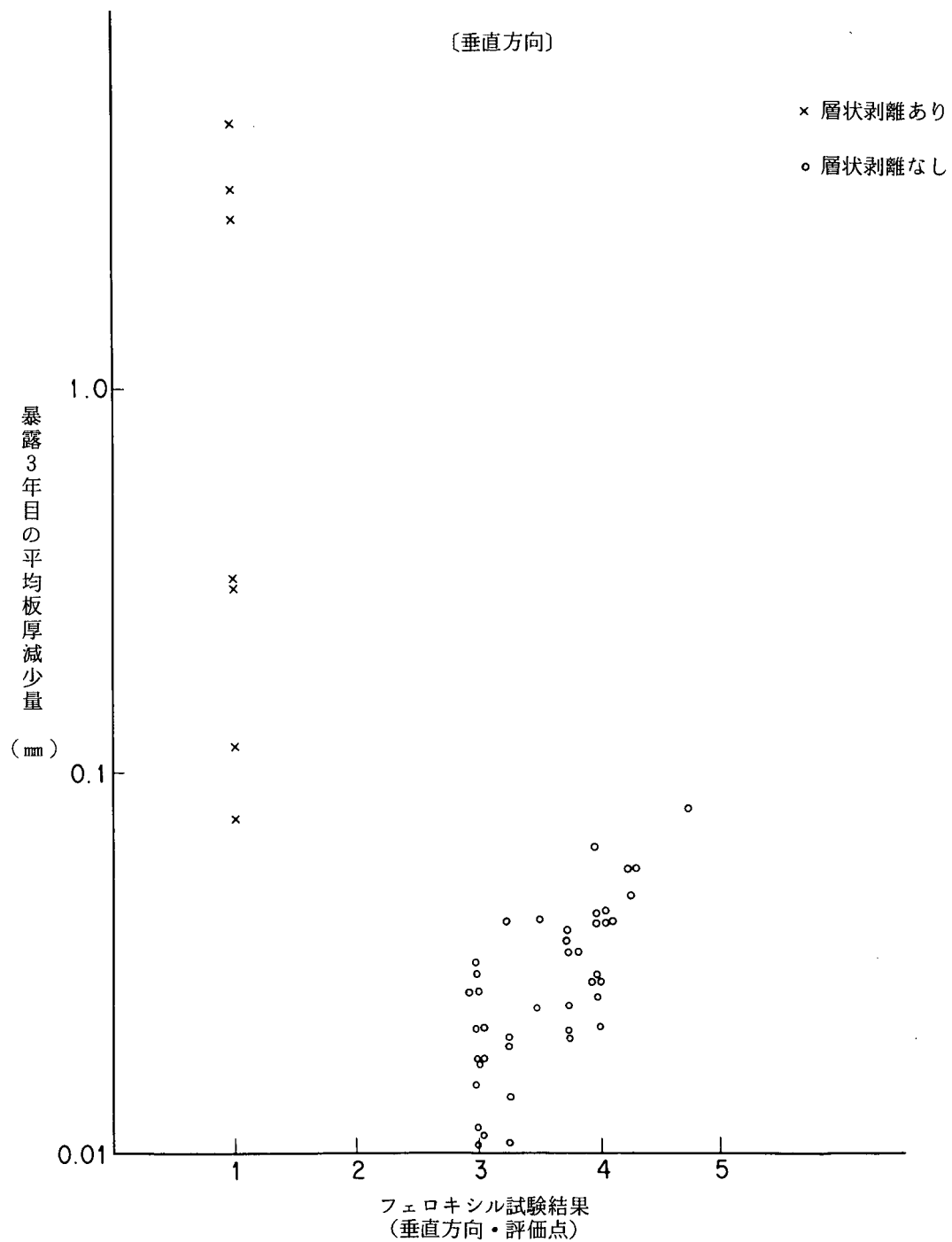
橋 梁 番 号	鋼 種 A		鋼 種 B		鋼 種 C		鋼 種 D		鋼 種 E	
	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向	垂直方向	水平方向
22 五 条 大 橋	3.5	3.5	3.25	3.25	3.0	3.0	3.0	3.5	3.0	3.0
23 西淀川高架橋	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.75	4.0
24 浜 村 橋	*1.0	*1.0	*1.0	*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0
25 江 の 川 橋	3.75	4.0	3.75	3.75	3.0	4.25*1.0	3.0	3.5	3.0	3.0*1.0
26 三 次 大 橋	3.5	3.75	3.25	4.25	3.5	3.25	3.25	4.0	3.25	4.0
27 泉田高架橋	3.5	3.75	3.75	3.75	3.0	3.25	3.0	3.0	2.5	2.0
28 新 霞 橋	3.5	3.5	3.0	3.5	3.25	3.25	3.25	3.0	3.5	3.25
29 湫 道 橋	2.75	3.0	3.0	3.25	2.75	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
30 小 野 川 橋	3.5	3.75	4.0	4.0	2.75	3.5	3.25	3.25	3.0	3.75
31 安 田 川 橋	4.0	4.0	1.0	*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	4.5*1.0	4.5*1.0	4.75*1.0
32 肱 川 橋	3.0	4.0	3.25	3.5	3.0	3.5	3.0	3.5	3.0	3.5
33 木 崎 大 橋	*1.0	*1.0	*1.0	*1.0	4.5	5.0*1.0	5.0*1.0	4.5*1.0	4.25*1.0	4.5*1.0
34 西 の 谷 橋	3.25	3.5	3.0	3.25	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0
35 十 郎 川 橋	4.0	4.0	4.25	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
36 中央高架橋	3.0	3.75	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	2.5	3.0	3.25
37 塩 屋 大 橋	*1.0	*1.0	*1.0	*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0	5.0*1.0
38 世富慶歩道橋	*1.0	*1.0	*1.0	*1.0	4.25*1.0	4.5*1.0	4.5*1.0	4.75*1.0	4.0*1.0	4.25*1.0
39 石 平 橋	3.5	5.0	3.5	4.5	3.0	4.5	4.5	3.5	3.0	4.0
40 兼 城 橋	3.75	3.75	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.25
41 南横断4-2号橋	3.75	4.0	3.0	3.0	3.0	3.5	3.5	3.0	3.0	3.0

(評価基準)

評点	観 察 結 果	備考	Rating No.
1	さび層の剥離で対象外	対象外	対象外
2	青色斑点,大きく,多い。	4 分 類 評 価	1. 2. 3
3	同上よりやや小さく,少ない。		4. 5. 6
4	同上よりやや小さく,少ない。		7. 8. 9
5	最も青色斑点が小さく,少ない。		9.3以上

「Rating No.」

評点	評 価 基 準 写 真		
1	対 象 外		
2	(R.N)1.2.3		腐食面積 50%
3	(R.N)4.5.6		腐食面積 5%
4	(R.N)7.8.9		腐食面積 0.5%
5	(R.N)9.3以上		腐食面積 0.07%



図－ 3. 2. 1 平均板厚減少量とフェロキシル試験の評価点（鋼種 B ）

3.3 偏光顕微鏡によるさび層の断面結果

下記の24個の試験片について、偏光顕微鏡によるさび層の断面観察を行った。

表－3.3.1 偏光顕微鏡およびEPMAによるさび層の断面観察を行った試験片

鋼 種	暴露方向	橋 梁 名*					
		No.07 名取川歩道橋	No.09 新上江橋	No.23 西淀川高架橋	No.24 浜 村 橋	No.37 塩屋大橋	No.39 石 平 橋
A (SM50)	水平方向	A 072 H 1	A 092 H 1	A 232 H 1	A 242 H 1	A 372 H 1	A 392 H 1
	垂直方向	A 072 V 1	A 092 V 1	A 232 V 1	A 242 V 1	A 372 V 1	A 392 V 1
B (SMA50W)	水平方向	B 072 H 1	B 092 H 1	B 232 H 1	B 242 H 1	B 372 H 1	B 392 H 1
	垂直方向	B 072 V 1	B 092 V 1	B 232 V 1	B 242 V 1	B 372 V 1	B 392 V 1

*) 外観調査結果(表－3.1.4)に基づき各評点の代表として、評点が概ね異なる地点を選定した。

偏光顕微鏡の直交ニコル下では、光学的異方体の部分は偏光を示して赤色にみえ、一方光学的等方体の部分は偏光を示さないで、黒色となる。

Fe_3O_4 (マグネタイト) は、立方晶で光学的等方体であり、また非晶質物質も光学的等方体である。大気暴露のさびの中にはかなりの量の Fe_3O_4 および非晶質物質が存在することが報告されており、これらの事から偏光顕微鏡で黒色に見える非偏光層は、結晶性 Fe_3O_4 と非晶質物質から構成されていると考えられている。

また、耐候性鋼の安定さびの観察において鋼表面に接した連続的な非偏光層の存在が認められることから、この連続的な非偏光層が耐候性鋼の安定さびの腐食抑制作用の要因であると考えられている。即ち、この非偏光層は緻密で水や酸素を透過しにくいため後続の腐食反応が起きにくくなると考えられている。

今回の観察では、上記の考えに従い鋼表面に連続的な非偏光層が形成されているかどうかと言う観点から、さび層中の非偏光層の割合、位置、連続性の各項目について表－3.3.2に示すような3段階の評価を行い、さらにそれらの結果の総合として安定さびの形成の程度を表－3.3.3に示すような3段階で評価した。

例えば写真1は、非偏光層の割合、位置、連続性についての評価が最も悪い場合であり、さび安定化の程度は最も劣ると評価した。

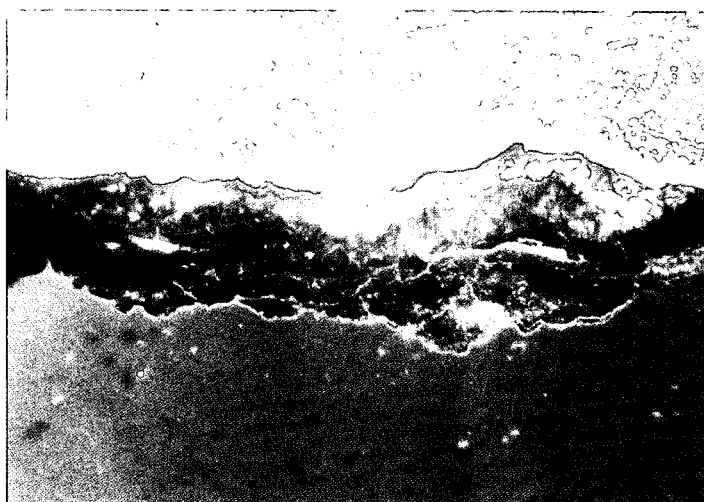
試験片No.
B242V1
(浜村橋・
海浜地帯)



非偏光層の状況
割合 ×
位置 ×
連続性 ×
さび (安定さびの形成 ×)
A1箔
地鉄

写真1. 耐候性鋼，垂直方向，ポンチ面，3年目 (×400)

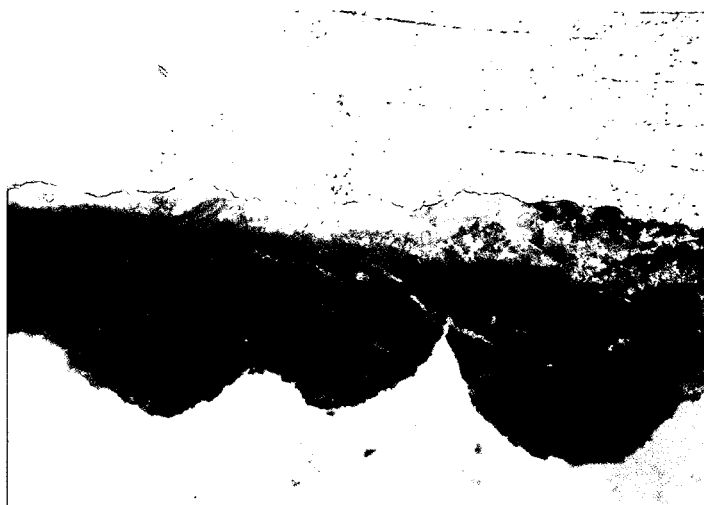
試験片No.
B092V1
(新上江橋・
田園部)



非偏光層の状況
割合 △
位置 △
連続性 △
さび (安定さびの形成 △)
A1箔
地鉄

写真2. 耐候性鋼，垂直方向，ポンチ裏面，3年目 (×400)

試験片No.
B092H1
(新上江橋・
田園部)

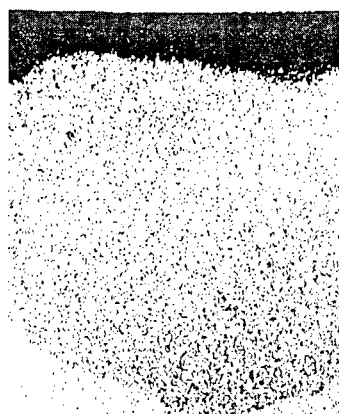


非偏光層の状況
割合 ○
位置 ○
連続性 ○
さび (安定さびの形成 ○)
A1箔
地鉄

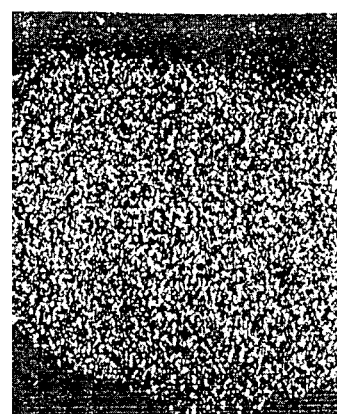
写真3. 耐候性鋼，水平方向，対地面，3年目 (×400)



SE



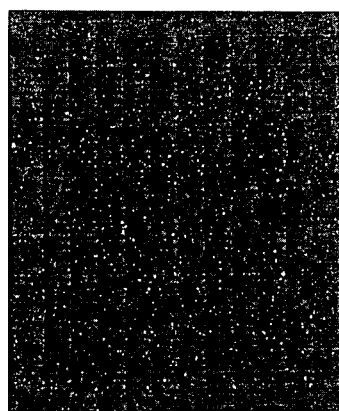
Fe



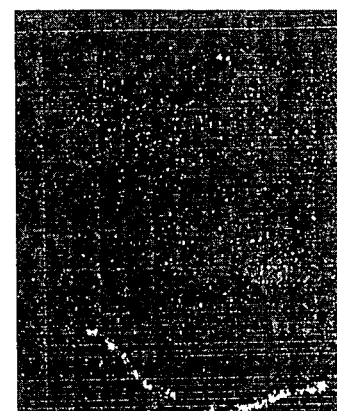
O



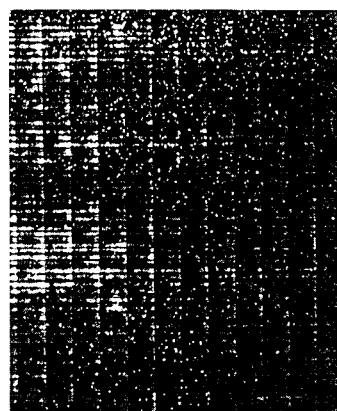
Cr



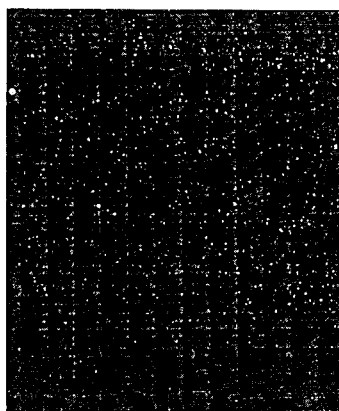
Ni



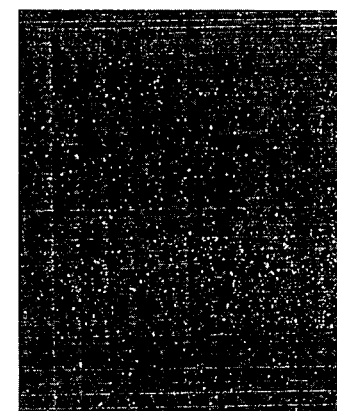
Cu



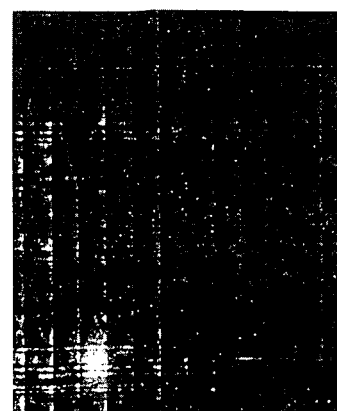
Si



S



Cl



P

記号：B092V-1
 橋梁：新上江橋（関東・田園部）
 鋼種：SMA50AW
 方向：垂直
 期間：3ケ年間

写真 4. EPMA による面分析測定結果

表－3.3.2 非偏光層の割合、位置、連続性の評価基準

項 目	評価	非 偏 光 層 の 状 況	例
割 合	○	さび層のほとんどの部分が非偏光層である。	写真3
	△	さび層のかなりの部分が非偏光層である。	写真2
	×	非偏光層の量は極く少ない。	写真1
位 置	○	鋼表面のほとんどの部分が非偏光層でおおわれている。	写真3
	△	鋼表面のかなりの部分が非偏光層でおおわれている。	写真2
	×	鋼表面はほとんど非偏光層でおおわれていない。	写真1
連続性	○	非偏光層の横方向のつながりは非常に良い。	写真3
	△	非偏光層の横方向のつながりはかなり良い。	写真2
	×	非偏光層の横方向のつながりは非常に悪い。	写真1

表－3.3.3 非偏光層の割合、位置、連続性の評価基準

評価	安定さびの形成	非 偏 光 層 の 状 況	例
○	さびの安定化が最も進んでいる	耐候性鋼の安定さびの状況とかなりよく似ている。	写真3
△	さびの安定化がかなり進んでいる	耐候性鋼の安定さびの状況と多少似ている。	写真2
×	さびの安定化が遅れている	耐候性鋼の安定さびの状況とまったく似ていない	写真1

以上の評価基準を用いて、暴露試験3年目の各試験片のさびを評価した結果を、表－3.3.4～表－3.3.6に示す。

暴露試験1年目および3年目の試験片についての安定さび形成状況判定結果（評点）を表－3.3.7～表3.3.8に、1年目から3年目にかけての安定さび形成状況判定結果（評点）の経時変化を表－3.3.9に示す。

ここでは表－3.3.2、表－3.3.3に示した評価基準の○を3点、△を2点、×を1点として計算し評点とした。

また、暴露試験3年目の試験片についての平均板厚減少量と安定さび形成状況判定結果（評点）との関係を図－3.3.2に示す。

表一 3.3.4 偏光顕微鏡によるさび層の断面観察結果（その1） 3年目

橋梁名	暴露方向	検査面	鋼 種	さび の 位置	さび層の 厚 さ (μm)	非 偏 光 層 の 状 況			安定さび の 形 成
						割 合	位 置	連続性	
名 取 川 歩 道 橋	水平方向	対空面	普 通 鋼	1 2	70~ 90 50~120	$\triangle$ $\triangle$	$\times$ $\circ$	$\times$ $\triangle$	$\times$ $\triangle$
	"	対地面	"	1 2	60~130 60~110	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\times$	$\triangle$ $\times$	$\triangle$ $\times$
	"	対空面	耐候性鋼	1 2	40~ 80 20~ 70	$\triangle$ $\circ$	$\triangle$ $\circ$	$\circ$ $\circ$	$\triangle$ $\circ$
	"	対地面	"	1 2	10~ 60 20~ 70	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\circ$	$\triangle$ $\circ$	$\triangle$ $\circ$
	垂直方向	A	普 通 鋼	1 2	30~100 40~100	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$
	"	B	"	1 2	60~110 70~140	$\triangle$ $\triangle$	$\times$ $\triangle$	$\triangle$ $\times$	$\triangle$ $\triangle$
	"	A	耐候性鋼	1 2	30~ 90 20~ 70	$\times$ $\triangle$	$\times$ $\triangle$	$\times$ $\times$	$\times$ $\triangle$
	"	B	"	1 2	30~ 50 20~ 70	$\triangle$ $\triangle$	$\circ$ $\triangle$	$\circ$ $\triangle$	$\circ$ $\triangle$
新上江橋	水平方向	対空面	普 通 鋼	1 2	80~150 80~110	$\triangle$ $\triangle$	$\circ$ $\triangle$	$\triangle$ $\times$	$\triangle$ $\times$
	"	対地面	"	1 2	70~100 50~100	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$
	"	対空面	耐候性鋼	1 2	40~ 60 70~110	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\circ$	$\triangle$ $\circ$	$\triangle$ $\circ$
	"	対地面	"	1 2	40~ 70 50~100	$\triangle$ $\circ$	$\circ$ $\circ$	$\circ$ $\circ$	$\circ$ $\circ$
	垂直方向	A	普 通 鋼	1 2	80~140 40~140	$\triangle$ $\circ$	$\circ$ $\circ$	$\circ$ $\circ$	$\circ$ $\circ$
	"	B	"	1 2	40~ 90 40~100	$\times$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$	$\times$ $\triangle$	$\times$ $\triangle$
	"	A	耐候性鋼	1 2	30~ 70 40~130	$\triangle$ $\triangle$	$\circ$ $\circ$	$\triangle$ $\circ$	$\circ$ $\circ$
	"	B	"	1 2	40~110 40~ 70	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$	$\triangle$ $\triangle$

表一 3.3.5 偏光顕微鏡によるさび層の断面観察結果（その2） 3年目

橋梁名	暴露方向	検査面	鋼 種	さび の 位置	さび層の 厚 さ (μm)	非偏光層の状況			安定さび の 形 成
						割 合	位 置	連続性	
西 淀 川 高 架 橋	水平方向	対空面	普 通 鋼	1 2	80~130 70~130	△ ○	△ ○	△ ○	△ ○
	"	対地面	"	1 2	60~ 90 40~110	△ △	○ ○	○ △	○ △
	"	対空面	耐候性鋼	1 2	20~ 40 60~110	× △	× △	× △	× △
	"	対地面	"	1 2	50~ 90 20~ 50	△ △	△ △	△ △	△ △
	垂直方向	A	普 通 鋼	1 2	40~110 40~130	△ △	○ ○	○ △	○ △
	"	B	"	1 2	60~110 40~130	× △	○ ○	○ ○	○ ○
	"	A	耐候性鋼	1 2	40~ 90 30~ 90	△ ○	○ △	△ △	△ △
	"	B	"	1 2	20~ 60 20~ 70	△ △	△ ○	△ ○	△ ○
浜 村 橋	水平方向	対空面	普 通 鋼	1 2	110~150 80~110	△ ×	×	○ ×	×
	"	対地面	"	1 2	110~160 50~100	△ △	×	△ △	×
	"	対空面	耐候性鋼	1 2	20~150	△	△	△	△
	"	対地面	"	1 2	60~150	○	×	△	×
	垂直方向	A	普 通 鋼	1 2	60~130 60~140	△ ×	×	△ ×	×
	"	B	"	1 2	30~140 100~140	○ △	△ ×	△ △	△ ×
	"	A	耐候性鋼	1 2	40~ 80 20~100	×	×	×	×
	"	B	"	1 2	40~ 90 40~ 60	△ ×	×	△ ×	×

表－ 3.3.6 偏光顕微鏡によるさび層の断面観察結果（その3） 3年目

橋梁名	暴露方向	検査面	鋼 種	さび の 位置	さび層の 厚 さ (μm)	非 偏 光 層 の 状 況			安定さび の 形 成
						割 合	位 置	連続性	
塩屋大橋	水平方向	対空面	普 通 鋼	1 2	60～130 40～120	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○
	"	対地面	"	1 2	50～130 60～110	△ ×	△ ×	△ ×	△ ×
	"	対空面	耐候性鋼	1	50～130	○	△	○	○
	"	対地面	"	1	40～130	△	△	△	△
	垂直方向	A	普 通 鋼	1 2	50～100 20～120	△ △	△ ○	× △	× △
	"	B	"	1 2	80～110 20～90	○ ○	× △	○ ○	× △
	"	A	耐候性鋼	1	20～110	○	○	○	○
	"	B	"	1	80～160	○	○	○	○
石 平 橋	水平方向	対空面	普 通 鋼	1 2	40～100 40～130	○ ○	△ △	△ △	△ △
	"	対地面	"	1 2	40～100 40～130	△ △	△ △	△ △	△ △
	"	対空面	耐候性鋼	1 2	30～70 30～110	△ △	△ △	△ △	△ △
	"	対地面	"	1 2	40～80 60～100	△ ○	△ ○	△ ○	△ ○
	垂直方向	A	普 通 鋼	1 2	40～90 60～110	○ ○	○ △	△ △	△ △
	"	B	"	1 2	70～110 60～90	○ ○	○ △	△ △	△ △
	"	A	耐候性鋼	1 2 3	30～60 20～70 20～90	△ ○ △	× ○ ×	△ △ △	× △ ×
	"	B	"	1 2 3	60～110 50～90 40～80	△ △ ○	△ △ ○	△ △ ○	△ △ ○

注1) 面：A：ポンチによる刻印のある面
B：ポンチによる刻印のない面

注2) さびの位置 1, 2 任意の2箇所
注3) 普通鋼：鋼種記号A (SM50)

表一 3.3.7 偏光顕微鏡による安定さびの形成状況判定結果

橋梁名	暴露方向	検査面	1 年 目		3 年 目	
			普 通 鋼	耐候性鋼	普 通 鋼	耐候性鋼
名 取 川 歩 道 橋	水平方向	対空面	2	2	1.5	2.5
	"	対地面	1	1	1.5	2.5
	垂直方向	A	1	1	2	1.5
	"	B	1	1	2	2.5
新上江橋	水平方向	対空面	—	—	2	2.5
	"	対地面	—	—	2	3
	垂直方向	A	—	—	3	3
	"	B	—	—	1.5	2
西 淀 川 高 架 橋	水平方向	対空面	2	2	2.5	1.5
	"	対地面	2	1.5	2.5	2
	垂直方向	A	3	2.5	2.5	2
	"	B	3	2.5	2.5	2
浜 村 橋	水平方向	対空面	1.5	1	1	2
	"	対地面	1.5	1.5	1	1
	垂直方向	A	1	2	1	1
	"	B	2	2	1.5	1
塩屋大橋	水平方向	対空面	1	1	3	3
	"	対地面	2	1	1.5	2
	垂直方向	A	1.5	2	1.5	3
	"	B	2.5	2	1.5	3
石 平 橋	水平方向	対空面	2	1	2	2
	"	対地面	2	1	2	2.5
	垂直方向	A	2	2	2	1.3
	"	B	2	2	2	2.3
総 平 均			1.8	1.6	1.9	2.2

注1) 検査面 : A ポンチによる刻印のある面

B ポンチによる刻印のない面

注2) 普通鋼 : 鋼種記号 A (SM50A)

耐候性鋼 : 鋼種記号 B (SMA50W)

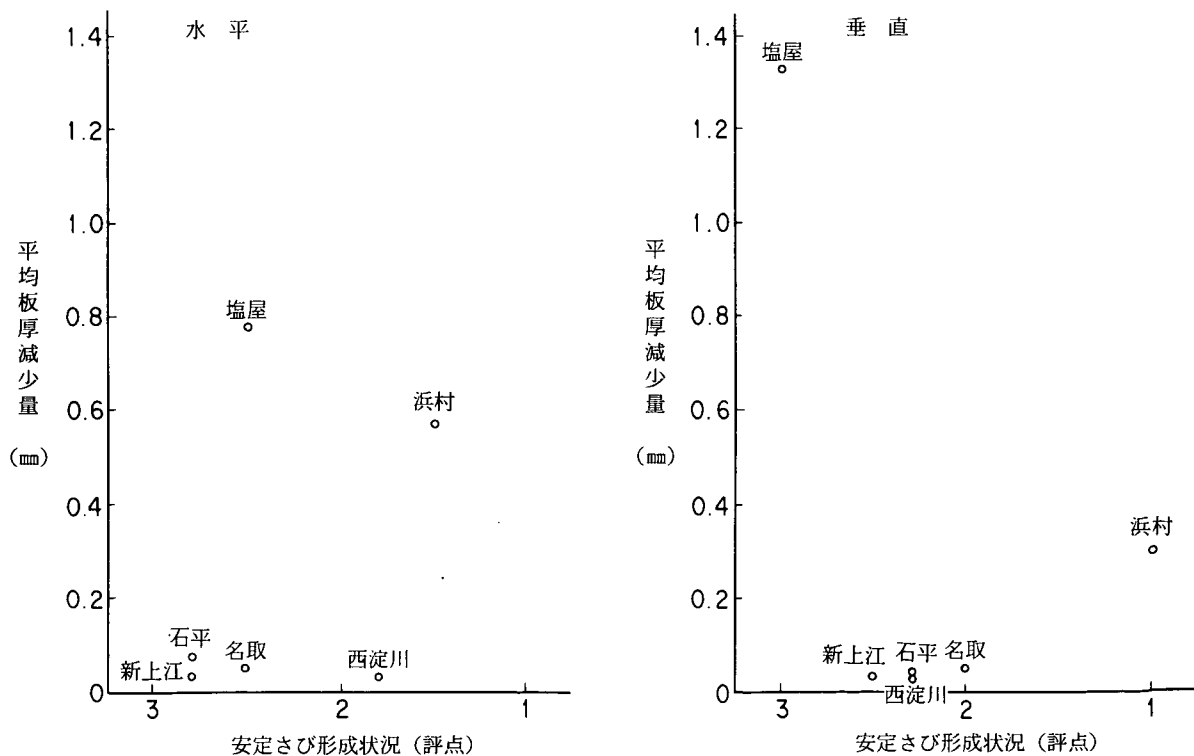
注3) 評 点 : ○=3点, △=2点, ×=1点, として計算。

表－3.3.8 偏光顕微鏡による耐候性鋼の安定さびの
形成状況判定結果（評点）の経時変化

橋梁名	暴露方向	耐候性鋼の安定さびの形成状況（評点）		
		1年目	3年目	3年目－1年目
名取川 歩道橋	水平方向	1.5	2.5	1.0
	垂直方向	1	2	1.0
新上江橋	水平方向	－	2.8	－
	垂直方向	－	2.5	－
西淀川 高架橋	水平方向	1.8	1.8	0
	垂直方向	2.5	2.3	－0.2
浜村橋	水平方向	1.3	1.5	0.2
	垂直方向	2	1	－1.0
塩屋大橋	水平方向	1	2.5	1.5
	垂直方向	2	3	1.0
石平橋	水平方向	1	1.9	0.9
	垂直方向	2	2.3	0.3

注1) 耐候性鋼：鋼種記号 B（SMA50W）

注2) 評点：○＝3点，△＝2点，×＝1点，として計算。



図－3.3.2 平均板厚減少量と安定さび形成状況判定結果（評点）との関係
（耐候性鋼：鋼種記号B，3年目）

表-3.3.4～3.3.6から明らかなように、完全に安定さびが形成されたと判定されるケースは比較的小なく、耐候性鋼については測定数45のうちの14（約13%）であった。しかし、普通鋼についての評点の総平均が1年目1.8、3年目1.9と殆ど変わらないのに対し、耐候性鋼のそれは1年目の1.6から3年目の2.2に上昇しており、耐候性鋼では全般にさびの安定化が進んでいる事がうかがえた（表-3.3.7～3.3.8）。
各々の橋梁における安定さびの形成状況は、次のようにみることができる（表-3.3.9）。

名取川歩道橋：1年目から3年目にかけて、さびの安定化はかなり進行したが、3年目ではまだ完全には安定さびは形成されていない。

水平方向のほうが垂直方向よりさびの安定化が進んでいる。

新上江橋：3年目の水平方向ではほぼ完全に安定さびが形成されている。

垂直方向では、水平方向よりさびの安定化がやや遅れている。

西淀川高架橋：垂直方向では、1年目でかなり安定さびが形成されていたが、その後3年目にかけてはさびの安定化はほとんど進行していない。水平方向でも、1年目から3年目にかけて安定化はほとんど進行せず、3年目のさびの安定化はかなり遅れている。

浜村橋：水平方向、垂直方向ともに3年目でも安定さびはほとんど形成されていない。

塩屋大橋：一見、1年目から3年目にかけてさびの安定化はかなり進行し、3年目の垂直方向では完全に安定さびが形成されているように見られる。水平方向では、垂直方向よりややさびの安定化が遅れている（腐食環境条件が厳しいため、腐食の進行が早くて消光層が形成されているが、耐食性が優れている事とは別問題である）。

石平橋：1年目から3年目にかけてさびの安定化は進行したが、それでも3年目では未だ完全には安定さびは形成されていない。水平方向では垂直方向よりややさびの進行が遅れている。

なお、さび層の厚さは、浜村橋を除くほとんどの場合130 μm 以下であった。浜村橋では、最大厚みが約140 μm ～160 μm となることがあった。

暴露3年目の平均板厚減少量と安定さび形成状況判定結果（評点）との関係を見ると、名取大橋・新上江橋・西淀川高架橋・石平橋のように、平均板厚減少量が約0.07mm以下と比較的小さいときの評点は、西淀川高架橋の水平方向暴露（評点1.8）を除いては、2.5～2.8（水平方向暴露）、2.0～2.5（垂直方向暴露）であり、安定さびの形成がかなり進んでいると見られる値であった。

これに対して、平均板厚減少量が0.56mm（水平方向暴露）、0.30mm（垂直方向暴露）と非常に大きく、また、さびの状況も悪く安定さびはほとんど形成していないとみられる浜村橋についての評点は、水平で1.5、垂直で1と非常に低く、さび層中の非偏光層の状況からも安定さびは形成されていない事がうかがわれた。

一方、浜村橋と同様に平均板厚減少量、さびの状況および環境条件などから、さび層は全く安定化していないとみられる塩屋大橋の試験片についての評点は非常に高く、偏光顕微鏡によるさび層の断面観察結果からのみ見ると安定さびが形成していると判定せざるを得ない状況であり、平均板厚減少量やさびの状況とは全く反対の結果を示した。

この塩屋大橋の試験片についての平均板厚減少量、さびの状況と今回の安定さび形成状況判定結果との不一致がどのような原因に基づくかは判らないが、今回のような非常に局所的な観察結果から試験片全体としてのさび層の性質を推察する事にはある限界があることを示しているように思われる。

3.4 EPMAによるさび層の断面観察結果

表－3.3.1に示した24個の試験片について、EPMAによりさびの断面方向の化学成分の濃縮度を測定する。濃縮とはCrやNiなどの化学成分について母材全体の平均的な構成比率よりも、部分的（ここでは表面付近）に、構成比率が大きくなっていることをいう。ここでは面分析、線分析の両方を行う。

表－3.4.1に面分析結果を、表－3.4.2に線分析結果を示した。

結果を要約すると次の通りである。

1) 面分析結果

- ① 耐候性を付加する元素Cr, Cu, Ni, Pについては、全体に濃縮の程度が少ない。A鋼種（普通鋼）は勿論であるが、B鋼種（SMA50W）は、Cr, Cuがやや濃縮している程度である。

Siは、埋め込み樹脂からの濃縮があり除外した。

- ② Sは、A, B両鋼種とも、殆ど濃縮していない。線分析結果との大きな違いである。
- ③ Clは、環境条件によっているが、海岸部の24, 37にやや濃縮があるが、07, 09にもやや濃縮がみられる。

2) 線分析結果

- ① 耐候性元素Cr, Cu, Ni, Pについては、A鋼種（普通鋼）の濃縮は無く、B鋼種（SMA50W）はCr, Cuの濃縮が強くNiが環境条件によって濃縮している。
- ② SはA, B両鋼種とも、よく濃縮している。
- ③ Clは、海岸部の37, 39では濃縮している。しかし、同じ海岸部でも24ではClは少ない。

表－3.4.1 さび層中元素の挙動（EPMA：面分析）

試験片 \ 元素	Cr	Ni	Cu	P	S	Cl
1. A072H1	1	1	1	1	1	2
2. A072V1	1	1	1	1	1	1
3. A092H1	1	1	1	1	1	2
4. A092V1	1	1	1	1	1	2
5. A232H1	1	1	1	1	2	1
6. A232V1	1	1	1	1	1	1
7. A242H1	1	1	1	1	1	1
8. A242V1	1	1	1	1	1	1
9. A372H1	1	1	1	1	1	1
10. A372V1	1	1	1	1	1	4
11. A392H1	1	1	1	1	1	1
12. A392V1	1	1	1	1	1	1
1. B072H1	1	1	1	1	1	1
2. B072V1	1	1	3	1	1	1
3. B092H1	1	1	1	1	1	1
4. B092V1	3	1	3	1	1	1
5. B232H1	1	1	3	1	1	1
6. B232V1	2	1	2	1	1	1
7. B242H1	2	1	2	1	1	1
8. B242V1	3	1	1	1	1	2
9. B372H1	2	1	1	1	1	1
10. B372V1	2	1	2	1	1	4
11. B392H1	1	1	1	1	1	1
12. B392V1	1	1	2	1	1	1

（評価基準）： (4) 濃縮 大, (3) 濃縮 中,
(2) 濃縮 小, (1) 濃縮 無し,

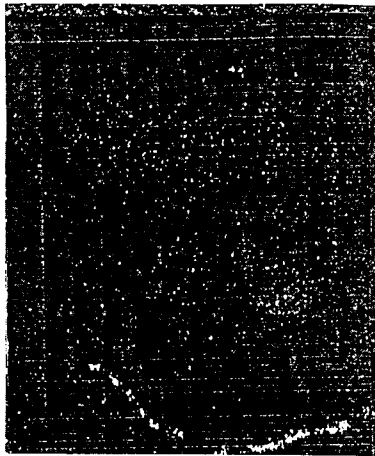
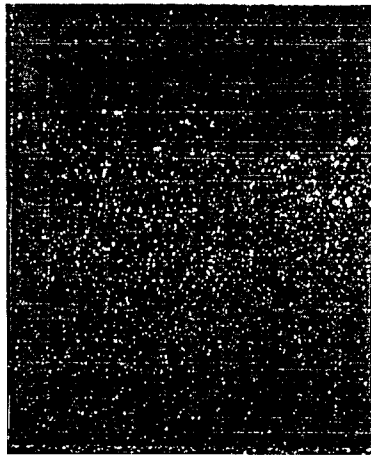
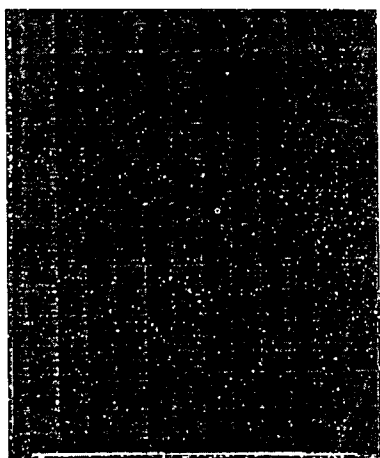
* 表－3.4.3 に、評価基準を図示します。

表－3.4.2 さび層中元素の挙動（EPMA：線分析）

試験片 \ 元素	Cr	Ni	Cu	P	S	Cl
1. A072H1	1	1	1	1	4	3
2. A072V1	1	1	1	1	4	1
3. A092H1	1	1	1	1	4	4
4. A092V1	1	1	1	1	4	4
5. A232H1	1	1	1	1	4	4
6. A232V1	1	1	1	1	4	1
7. A242H1	1	1	4	1	2	1
8. A242V1	1	1	1	1	4	1
9. A372H1	1	1	1	4	3	1
10. A372V1	1	1	1	1	4	4
11. A392H1	1	1	1	1	4	4
12. A392V1	1	1	1	1	4	2
1. B072H1	1	4	4	1	3	1
2. B072V1	2	4	4	1	4	1
3. B092H1	2	1	4	1	3	2
4. B092V1	4	3	4	1	4	1
5. B232H1	4	2	4	1	4	1
6. B232V1	4	2	4	1	4	1
7. B242H1	2	4	4	1	1	1
8. B242V1	1	1	4	1	2	4
9. B372H1	4	4	4	1	2	4
10. B372V1	3	2	4	2	1	4
11. B392H1	4	1	1	1	2	2
12. B392V1	3	2	4	1	4	2

（評価基準）：(4) 濃縮 大, (3.0倍以上) (3) 濃縮 中, (2.0～3.0倍)
(2) 濃縮 小, (1.5～2.0倍) (1) 濃縮 無し,

表 - 3. 4. 3 評価基準・写真

評 点	E P M A面分析	評 点	E P M A面分析
4 濃 縮 大		3 濃 縮 中	
2 濃 縮 小		1 濃 縮 無し	

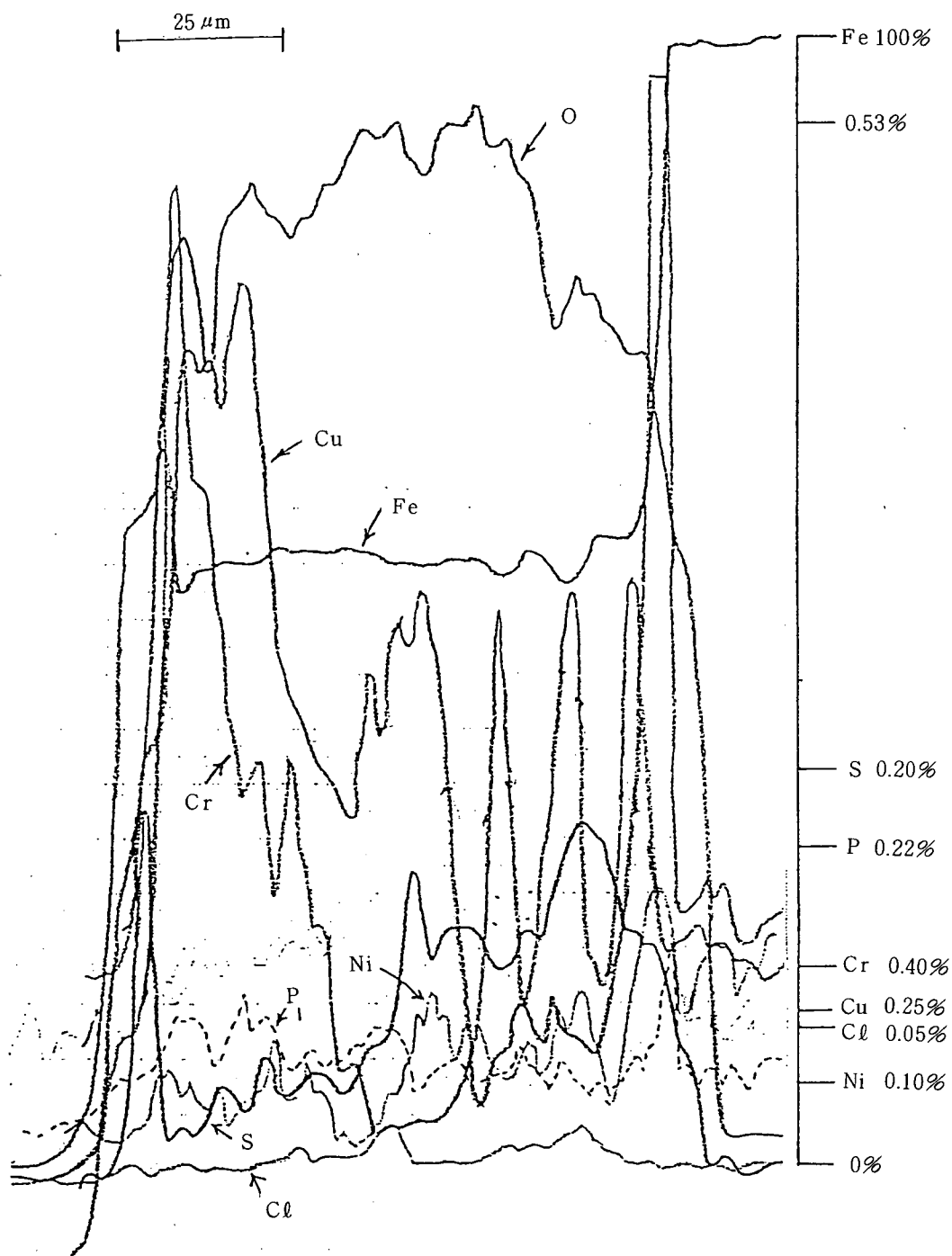


図-3.4.1 EPMAによる線分析測定結果（記号：B092V-1）

表－ 3.4.4 さび層中元素の挙動 (EPMA:面分析), 3年目 / 1年目の変化

試験片 \ 元素	Cr	Ni	Cu	P	S	Cl
普 通 鋼	10/13	10/10	10/10	10/10	11/14	11/15
耐 候 性 鋼	20/30	10/12	18/16	10/10	10/14	14/19

表－ 3.4.5 さび層中元素の挙動 (EPMA:面分析), 3年目 / 1年目の変化

試験片 \ 元素	Cr	Ni	Cu	P	S	Cl
普 通 鋼	10/10	10/10	13/10	10/10	37/25	22/28
耐 候 性 鋼	28/40	26/17	37/26	11/10	27/21	21/30

* 元素の濃縮については, Cr, Ni, Cu, Pの無い普通鋼では当然観察されていないが, 耐候性鋼では添加されているCr, Ni, Cuの濃縮が観察された。しかも, 3年目が濃縮の程度は大きくなっている。勿論, 耐候性鋼のPは濃縮していない。

S, Clについては, 面分析では濃縮が明らかではないが, 線分析では普通鋼, 耐候性鋼ともに濃縮していることが判る。

3.5 さびの化学分析結果

さび中の化学成分の分析値について次の計算を行った。

$$\text{Fe (g)} = \text{測定値 (g)} - \text{ブランク値 (g)}$$

$$\text{S (mg)} = \text{測定値 (mg)} - \text{ブランク値 (mg)}$$

$$\text{Cl (mg)} = \text{測定値 (mg)} - \text{ブランク値 (mg)}$$

$$\text{S/Fe (\%)} = \text{S} \div \text{Fe} \times 100 \text{ (さび中のSの濃度)}$$

$$\text{Cl/Fe (\%)} = \text{Cl} \div \text{Fe} \times 100 \text{ (さび中のClの濃度)}$$

脱さび処理を行う時点で地鉄部も少なからず採取されるため, その地鉄部に含まれている化学成分含有量を補正する値をここではブランク値とよぶ。また処理溶液中に含まれ得るClについても補正する。

ブランク値を表－ 3.5.1 に示す。また脱錆処理時間を表－ 3.5.2 に示す。

計算結果を表－ 3.5.3 ～ 7 に示す。

表－ 3.5.1 Fe, S, Cl のブランク値

鋼 種	脱さび処理時間 (min)	Fe (g)	S (mg)	Cl (mg)
耐 候 性 鋼	15	0.82	0.24	1.2
〃	30	1.45	0.82	1.4
〃	45	1.95	0.84	1.4

* さび中のClイオン量については, 調査の流れとして除錆前にフェロキシル試験を行っているために, フェロキシル試験で使ったフェロキシル溶液の中に含まれているClイオンも加算されているので補正が必要である。

フェロキシル試験で使用したフェロキシル溶液の量は、10回平均で 1.582 g であるが実際に錆に浸透した量は測定困難であり、環境条件から飛来塩分が殆ど無いと思われる Na 08, Na 29 橋梁の Cl⁻ イオン量をも勘案し、以下の様に補正量を定めた。

〔 補正量 〕 17 mg

計算結果：橋梁番号 08-0.006mg/100cm²/day (鋼種 A：16.4, 16.6/16.5, 鋼種 B：25.4, 23.4/24.4mg)
 29-0.005mg/100cm²/day (鋼種 A：17.4, 13.2/15.3, 鋼種 B：19.0, 15.6/17.3mg)
 全平均値 18.4 mg

次に、フェロキシル試験の場合の推定計算

NaCl：60 mg/1000 ml, フェロキシル溶液：1.582 g/1 回 (用紙付着量)

Cl⁻：0.06 × 0.6 (Cl⁻/NaCl) = 0.036

1.582 × 0.036 = 56.95 mg

さび中への浸透量を 30% とすると、

56.95 mg × 0.3 = 17.08 mg となり

上記両者を勘案して、17mg を補正量とした。

表－ 3.5.2 脱 錆 処 理 時 間

(分)

橋梁No	処理時間	橋梁No	処理時間	橋梁No	処理時間	橋梁No	処理時間
1	45	12	30	23	15	34	30
2	15	13	45	24	45	35	30
3	30	14	30	25	30	36	15
4	45	15	30	26	30	37	45
5	30	16	30	27	15	38	45
6	30	17	45	28	15	39	30
7	30	18	15	29	30	40	45
8	15	19	15	30	30	41	30
9	30	20	30	31	45		
10	45	21	30	32	30		
11	30	22	30	33	45		

* 処理時間はさびの固着具合等により異なる。

表－3.5.3 さび中の化学成分（その1）

橋梁 番号	橋 梁 名	暴露 方向	処 理 時 間 (分)	鋼 種 A						処 理 時 間 (分)	鋼 種 B						腐 食 量 (mm)			
				Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)		Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)	鋼 種 A		鋼 種 B	
																	1 年	3 年	1 年	3 年
01	石狩河口橋	H	45	9.92	7.97	13.36	151.6	0.168	1.902	45	16.0	14.05	30.46	175	0.217	1.236	V 0.038	V 0.076	V 0.036	V 0.078
		V		7.91	5.96	5.40	50.6	0.091	0.849		10.8	8.85	20.26	82.8	0.229	0.920	H 0.044	H 0.099	H 0.038	H 0.102
		平均		8.92	6.97	9.38	101.4	0.135	1.455		13.4	11.45	25.36	128.9	0.221	1.114				
02	豊 平 橋	H	15	2.37	1.55	29.36	32.6	1.894	2.103	15	3.24	2.42	31.56	16.1	1.304	0.665	V 0.006	V 0.012	V 0.004	V 0.013
		V		1.44	0.62	27.96	9.8	4.510	1.581		2.11	1.29	27.48	8.8	2.130	0.682	H 0.007	H 0.017	H 0.010	H 0.020
		平均		1.91	1.09	28.66	21.2	2.629	1.945		2.68	1.86	29.86	12.5	1.605	0.672				
03	滝 笛 橋	H	30	4.87	3.42	3.23	21.2	0.094	0.620	30	5.96	4.51	2.16	32.2	0.048	0.714	V 0.008	V 0.013	V 0.009	V 0.025
		V		2.93	1.48	8.10	16.4	0.547	1.108		3.68	2.27	2.64	16.8	0.116	0.740	H 0.015	H 0.034	H 0.015	H 0.038
		平均		3.90	2.45	5.67	18.8	0.231	0.767		4.82	3.37	1.77	24.5	0.053	0.727				
04	母恋高架橋	H	45	7.18	5.23	21.06	65.4	0.403	1.250	45	11.6	9.65	41.96	94.4	0.435	0.978	V 0.021	V 0.039	V 0.019	V 0.045
		V		5.51	3.56	21.06	45.0	0.592	1.264		9.36	7.41	35.26	55.4	0.476	0.748	H 0.026	H 0.050	H 0.028	H 0.053
		平均		6.35	4.40	21.06	55.2	0.479	1.255		10.48	8.53	38.66	74.9	0.453	0.878				
05	高 城 大 橋	H	30	6.61	5.16	9.68	25.8	0.188	0.500	30	10.2	8.75	20.28	64.8	0.232	0.741	V 0.014	V 0.035	V 0.013	V 0.038
		V		6.19	4.74	7.95	23.6	0.168	0.498		8.37	6.92	14.18	33.2	0.205	0.480	H 0.020	H 0.043	H 0.016	H 0.046
		平均		6.40	4.95	8.82	24.7	0.178	0.499		9.29	7.84	17.28	49.0	0.220	0.625				
06	大 洞 橋	H	30	5.01	3.56	8.26	16.4	0.232	0.461	30	4.78	3.33	11.08	26.4	0.333	0.763	V 0.008	V 0.008	V 0.005	V 0.010
		V		2.96	1.51	6.50	16.6	0.430	1.099		4.09	2.64	9.01	23.4	0.341	0.886	H 0.009	H 0.018	H 0.008	H 0.018
		平均		3.99	2.54	7.38	16.5	0.291	0.650		4.44	2.99	10.05	24.4	0.336	0.816				
07	名 取 大 橋	H	30	7.89	6.44	44.58	99.6	0.692	1.547	30	8.81	7.36	22.28	30.4	0.303	0.413	V 0.013	V 0.034	V 0.013	V 0.040
		V		5.75	4.30	14.38	25.8	0.334	0.600		8.10	6.65	22.68	31.0	0.341	0.466	H 0.017	H 0.042	H 0.020	H 0.046
		平均		6.82	5.37	29.48	62.7	0.549	1.168		8.46	7.01	22.48	30.7	0.321	0.438				
08	大 峰 沢 橋	H	15	4.20	3.38	18.86	29.6	0.558	0.876	15	3.61	2.79	11.06	14.9	0.396	0.534	V 0.008	V 0.009	V 0.004	V 0.011
		V		2.48	1.66	6.97	12.7	0.420	0.765		3.76	2.94	10.36	14.4	0.352	0.490	H 0.009	H 0.015	H 0.005	H 0.013
		平均		3.34	2.52	12.63	21.2	0.501	0.841		3.69	2.87	10.71	14.7	0.373	0.512				
09	新 上 江 橋	H	30	6.58	5.13	30.78	42.8	0.600	0.834	30	6.28	4.83	29.98	23.6	0.621	0.489	V 0.019	V 0.030	V 0.015	V 0.029
		V		5.56	4.11	25.38	28.4	0.618	0.691		5.62	4.17	31.48	19.4	0.755	0.465	H 0.022	H 0.047	H 0.016	H 0.032
		平均		6.07	4.62	28.08	35.6	0.608	0.771		5.95	4.50	30.78	21.9	0.684	0.478				

表-3.5.4 さび中の化学成分(その2)

橋梁 番号	橋 梁 名	暴露 方向	鋼 種 A							鋼 種 B							腐 食 量 (mm)					
			処 理 時 間 (分)	Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)	処 理 時 間 (分)	Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)	鋼 種 A		鋼 種 B			
																			1 年	3 年	1 年	3 年
10	海老川大橋	H	45	7.11	5.16	33.66	17.2	0.652	0.333	45	8.39	6.44	43.56	28.6	0.676	0.444	V 0.029	V 0.052	V 0.023	V 0.056		
		V		6.53	4.58	26.96	19.0	0.589	0.415		9.17	7.22	45.66	27.6	0.632	0.382	H 0.037	H 0.059	H 0.031	H 0.052		
		平均		6.82	4.87	30.36	18.1	0.623	0.372		8.78	6.83	44.66	28.1	0.654	0.411						
11	尾 張 屋 橋	H	30	4.61	3.16	22.88	2.9	0.724	0.091	30	5.00	3.55	33.18	10.4	0.934	0.293	V 0.012	V 0.022	V 0.010	V 0.020		
		V		3.99	2.54	26.78	2.0	1.054	0.079		4.99	3.54	34.08	7.8	0.963	0.220	H 0.014	H 0.026	H 0.012	H 0.024		
		平均		4.30	2.85	24.88	2.5	0.873	0.088		5.00	3.55	33.68	9.1	0.949	0.256						
12	新組跨線橋	H	30	13.2	11.75	18.18	63.2	0.155	0.538	30	20.8	19.35	41.18	94	0.213	0.486	V 0.030	V 0.063	V 0.026	V 0.063		
		V		8.31	6.86	13.28	28.8	0.194	0.420		11.0	9.55	25.48	40.4	0.267	0.423	H 0.059	H 0.082	H 0.037	H 0.080		
		平均		10.76	9.31	15.38	46.0	0.169	0.494		15.9	14.45	33.38	67.2	0.231	0.465						
13	米 山 大 橋	H	45	22.0	20.05	16.36	579	0.082	2.888	45	61.8	59.85	11.86	873	0.020	1.459	V 0.062	V 0.115	V 0.062	V 0.127		
		V		15.0	13.05	7.85	319	0.060	2.444		19.1	17.15	9.36	297	0.055	1.732	H 0.089	H 0.246	H 0.051	H 0.285		
		平均		18.5	16.55	12.11	449	0.073	2.713		40.5	38.55	10.66	585	0.028	1.518						
14	千 保 川 橋	H	30	7.05	5.60	14.28	13.8	0.255	0.246	30	10.2	8.75	23.38	27.6	0.267	0.315	V 0.013	V 0.038	V 0.012	V 0.040		
		V		5.47	4.02	11.88	6.0	0.296	0.149		8.47	7.02	33.08	18.0	0.471	0.256	H 0.018	H 0.046	H 0.018	H 0.048		
		平均		6.26	4.81	13.08	9.9	0.272	0.206		9.34	7.89	28.28	22.8	0.358	0.289						
15	常 浪 橋	H	30	5.88	4.43	7.30	15.8	0.165	0.357	30	6.48	5.03	8.92	5.4	0.177	0.107	V 0.016	V 0.018	V 0.007	V 0.017		
		V		5.87	4.42	2.40	8.6	0.054	0.195		5.96	4.51	6.23	10.8	0.138	0.239	H 0.013	H 0.022	H 0.008	H 0.021		
		平均		5.88	4.43	4.85	12.2	0.109	0.275		6.22	4.77	7.58	8.1	0.159	0.170						
16	蛤 橋	H	30	5.46	4.01	11.98	3.8	0.299	0.095	30	5.42	3.97	15.38	0.7	0.387	0.018	V 0.006	V 0.018	V 0.005	V 0.016		
		V		4.82	3.37	9.88	0.	0.293	0		4.94	3.49	20.38	3.8	0.584	0.109	H 0.010	H 0.023	H 0.007	H 0.022		
		平均		5.14	3.69	10.98	1.4	0.296	0.038		5.18	3.73	15.88	2.3	0.426	0.062						
17	新 緑 橋	H	45	25.2	23.25	0.07	243	0	1.045	45	43.9	41.95	9.66	295	0.023	0.703	V 0.063	V 0.156	V 0.050	V 0.151		
		V		19.1	17.15	0.34	169	0	0.935		34.6	32.65	23.26	293	0.071	0.897	H 0.088	H 0.374	H 0.087	H 0.402		
		平均		22.2	20.20	0.21	206	0	1.012		39.3	37.35	16.46	294	0.044	0.787						
18	呼 続 大 橋	H	15	4.42	3.60	32.36	4.0	0.899	0.111	45	5.16	4.34	42.56	9.4	0.981	0.217	V 0.015	V 0.029	V 0.012	V 0.031		
		V		4.64	3.82	36.26	5.2	0.949	0.136		5.71	4.89	36.94	6.6	0.755	0.135	H 0.015	H 0.033	H 0.013	H 0.031		
				4.53	3.71	34.34	4.6	0.926	0.124		5.44	4.62	39.76	8.0	0.861	0.173						

表- 3. 5. 5 さび中の化学成分 (その 3)

橋梁 番号	橋 梁 名	暴露 方向	鋼 種 A							鋼 種 B							腐 食 量 (mm)			
			処 理 時 間 (分)	Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)	処 理 時 間 (分)	Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)	鋼 種 A		鋼 種 B	
				1 年	3 年	1 年	3 年	1 年	3 年		1 年	3 年	1 年	3 年						
19	四 日 市 高 架 橋	H	15	6.00	5.18	28.36	9.4	0.547	0.181	15	6.73	5.91	49.06	23.8	0.830	0.403	V 0.007	V 0.037	V 0.014	V 0.033
		V		5.13	4.31	31.76	0	0.737	0.		6.22	5.40	44.36	4.6	0.821	0.085	H 0.021	H 0.042	H 0.016	H 0.041
		平均		5.57	4.75	30.06	4.55	0.633	0.096		6.48	5.66	46.74	14.6	0.826	0.251				
20	有 田 大 橋	H	30	6.26	4.81	18.86	19.4	0.392	0.403	30	10.5	9.05	45.28	49.8	0.500	0.550	V 0.010	V 0.032	V 0.013	V 0.030
		V		6.91	5.46	32.36	21.0	0.593	0.385		7.39	5.94	37.68	22.4	0.634	0.377	H 0.016	H 0.047	H 0.014	H 0.047
		平均		6.59	5.14	25.66	20.2	0.499	0.393		8.95	7.50	41.48	36.1	0.553	0.481				
21	山 上 橋	H	30	5.71	4.26	17.86	4.9	0.415	0.113	30	6.27	4.82	20.58	4.6	0.427	0.095	V 0.011	V 0.022	V 0.010	V 0.023
		V		4.62	3.17	14.58	0	0.460	0.		4.99	3.54	18.98	0.	0.536	0	H 0.015	H 0.029	H 0.016	H 0.028
		平均		5.17	3.72	16.18	0.8	0.435	0.022		5.63	4.18	19.78	1.5	0.473	0.036				
22	五 条 大 橋	H	30	4.56	3.11	26.08	5.8	0.839	0.167	30	5.30	3.85	34.05	11.6	0.885	0.301	V 0.009	V 0.019	V 0.019	V 0.016
		V		4.62	3.17	27.98	2.2	0.883	0.069		5.04	3.59	32.38	7.8	0.902	0.217	H 0.011	H 0.021	H 0.021	H 0.019
		平均		4.59	3.14	27.08	4.0	0.862	0.127		5.17	3.72	33.28	9.7	0.895	0.261				
23	西 淀 川 高 架 橋	H	15	5.47	4.65	45.86	22.6	0.987	0.486	15	5.04	4.22	45.3	11.0	1.073	0.261	V 0.011	V 0.030	V 0.013	V 0.028
		V		4.69	3.87	45.56	16.4	1.178	0.424		5.31	4.49	54.7	16.2	1.218	0.361	H 0.014	H 0.034	H 0.014	H 0.030
		平均		5.08	4.26	45.2	19.5	1.061	0.458		5.18	4.36	50.0	13.6	1.148	0.312				
24	浜 村 橋	H	45	13.0	11.1	16.3	132	0.147	1.19	45	63.66	61.7	32.1	1423	0.052	2.306	V 0.096	V 0.237	V 0.091	V 0.301
		V		12.8	10.9	3.01	2533	0.028	23.24		114	112.1	23.8	2893	0.021	2.581	H 0.128	H 0.395	H 0.146	H 0.560
		平均		12.9	11.0	9.7	1332.5	0.088	12.11		88.8	86.65	28.0	2158	0.036	2.510				
25	江 の 川 橋	H	30	6.57	5.12	21.58	23.8	0.421	0.465	30	10.4	8.95	45.08	40.1	0.526	0.448	V 0.022	V 0.039	V 0.012	V 0.035
		V		8.22	6.77	26.38	32.2	0.390	0.476		7.90	6.45	28.18	21.2	0.437	0.329	H 0.022	H 0.037	H 0.019	H 0.043
		平均		7.40	5.95	23.93	28.0	0.403	0.471		9.20	7.75	37.63	30.65	0.486	0.395				
26	三 次 大 橋	H	30	5.21	3.76	10.48	9.0	0.279	0.239	30	6.55	5.10	14.28	12.7	0.280	0.249	V 0.010	V 0.019	V 0.005	V 0.020
		V		5.79	4.34	9.28	5.3	0.214	0.122		5.29	3.84	12.18	2.0	0.317	0.052	H 0.018	H 0.021	H 0.014	H 0.021
		平均		5.50	4.05	9.88	7.15	0.244	0.177		5.92	4.47	13.23	7.35	0.296	0.164				
27	泉田高架橋	H	15	3.88	3.06	38.36	0.0	1.254	0.327	15	4.41	3.59	45.26	12.0	1.261	0.334	V 0.014	V 0.027	V 0.010	V 0.024
		V		4.35	3.53	36.26	2.9	1.027	0.365		3.76	2.94	40.76	4.8	1.386	0.164	H 0.014	H 0.028	H 0.013	H 0.027
		平均		4.115	3.30	37.31	11.45	1.132	0.347		4.085	3.265	43.01	8.4	1.317	0.257				

表-3.5.6 さび中の化学成分(その4)

橋梁 番号	橋 梁 名	暴露 方向	鋼 種 A							鋼 種 B							腐 食 量 (mm)			
			処 理 時 間 (分)	Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)	処 理 時 間 (分)	Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)	鋼 種 A		鋼 種 B	
																	1 年	3 年	1 年	3 年
28	新 霞 橋	H	15	4.08	3.26	27.86	2.9	0.855	0.089	15	4.96	4.14	31.66	0	0.765	0	V 0.011	V 0.022	V 0.006	V 0.026
		V		4.60	3.78	25.36	0.	0.671	0		6.44	5.62	25.16	0	0.448	0	H 0.013	H 0.025	H 0.009	H 0.025
		平均		4.34	3.52	26.61	0.9	0.756	0.026		5.30	4.88	28.41	0	0.582	0				
29	湊 道 橋	H	30	3.49	2.04	9.78	0.4	0.479	0.020	30	4.57	3.12	14.98	2.0	0.480	0.064	V 0.007	V 0.011	V 0.004	V 0.015
		V		3.81	2.36	8.73	0	0.370	0		6.77	5.32	13.58	0	0.255	0	H 0.009	H 0.013	H 0.006	H 0.014
		平均		3.65	2.20	9.255	0	0.421	0		5.67	4.22	14.28	0.3	0.338	0.007				
30	小 野 川 橋	H	30	5.14	3.69	24.85	12.6	0.674	0.341	30	5.97	4.52	31.58	11.7	0.699	0.259	V 0.011	V 0.021	V 0.010	V 0.022
		V		5.02	3.57	25.98	5.7	0.728	0.160		5.50	4.05	26.58	0	0.656	0	H 0.014	H 0.028	H 0.011	H 0.028
		平均		5.08	3.63	25.43	9.5	0.700	0.252		5.74	4.285	29.08	5.85	0.677	0.137				
31	安 田 川 橋	H	45	17.2	15.25	0	351	0.	2.302	45	44.7	42.75	12.66	303	0.030	0.709	V 0.050	V 0.129	V 0.045	V 0.132
		V		9.36	7.41	2.24	44.3	0.03	0.598		23.3	21.35	32.96	257	0.154	1.204	H 0.111	H 0.454	H 0.077	H 0.326
		平均		13.3	11.33	0.825	197.65	0.007	1.744		34.0	32.05	22.81	280	0.071	0.874				
32	肱 川 橋	H	30	5.85	4.40	15.48	9.7	0.352	0.220	30	6.46	5.01	21.78	10.2	0.435	0.204	V 0.008	V 0.016	V 0.007	V 0.019
		V		4.83	3.38	11.18	3.2	0.331	0.095		6.56	5.11	20.88	6.6	0.409	0.129	H 0.014	H 0.022	H 0.011	H 0.021
		平均		5.34	3.89	13.33	6.45	0.343	0.169		6.51	5.06	21.33	8.4	0.422	0.166				
33	木 崎 大 橋	H	45	11.6	9.65	2.90	68.4	0.030	0.709	45	14.4	12.45	15.66	120	0.126	0.964	V 0.038	V 0.070	V 0.031	V 0.075
		V		8.92	6.97	4.05	40.0	0.058	0.574		17.9	15.95	23.86	1.0	0.150	0.006	H 0.040	H 0.117	H 0.040	H 0.104
		平均		10.26	8.31	3.475	54.2	0.042	0.652		16.35	14.20	19.76	60.5	0.139	0.426				
34	西 の 谷 橋	H	30	5.13	3.68	10.58	1.0	0.288	0.027	30	5.54	4.09	15.88	6.3	0.388	0.154	V 0.009	V 0.010	V 0.010	V 0.015
		V		3.55	2.10	10.18	0	0.485	0		4.97	3.52	11.58	0.	0.329	0	H 0.005	H 0.018	H 0.007	H 0.017
		平均		4.34	2.89	10.38	0	0.359	0		5.255	3.805	13.73	1.3	0.361	0.034				
35	十 郎 川 橋	H	30	10.6	9.15	19.98	57.3	0.185	0.626	30	14.5	13.05	30.18	85.	0.231	0.651	V 0.034	V 0.049	V 0.027	V 0.049
		V		9.82	8.37	15.68	39.3	0.187	0.470		14.4	12.95	31.18	67.6	0.241	0.522	H 0.038	H 0.054	H 0.045	H 0.054
		平均		10.21	8.76	16.33	48.3	0.186	0.551		14.45	13.0	30.68	76.3	0.236	0.587				
36	中央高架橋	H	15	3.61	2.79	41.36	0	1.482	0	15	4.12	3.30	37.96	0	1.156	0	V 0.010	V 0.020	V 0.006	V 0.021
		V		2.73	1.91	39.92	0	2.092	0		4.05	3.23	39.56	0	1.225	0	H 0.012	H 0.023	H 0.007	H 0.025
		平均		3.17	2.35	40.66	0	1.730	0		4.085	3.265	38.76	0	1.187	0				

表-3.5.7 さび中の化学成分(その5)

橋梁 番号	橋 梁 名	暴露 方向	鋼 種 A							鋼 種 B							腐 食 量 (mm)			
			処 理 時 間 (分)	Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)	処 理 時 間 (分)	Fe 補正前 (g)	Fe 補正後 (g)	S (mg)	Cl (mg)	S/Fe (%)	Cl/Fe (%)	鋼 種 A		鋼 種 B	
																	1 年	3 年	1 年	3 年
37	塩 屋 大 橋	H	45	131	129.05	40.25	2863	0.032	2.219	45	174	172.05	26.36	2183	0.015	1.269	V 0.319	V 1.148	V 0.467	V 1.332
		V		259	257.05	20.05	1793	0.008	0.697		314	312.05	17.36	1573	0.006	0.504				
		平均		195	193.05	30.95	2328	0.016	1.206		244	242.05	21.86	1878	0.009	0.776	H 0.411	H 0.613	H 0.363	H 0.772
38	世 富 慶 歩 道 橋	H	45	13.4	11.45	8.43	20.2	0.074	0.176	45	29.6	27.65	35.76	164	0.129	0.593	V 0.044	V 0.094	V 0.046	V 0.113
		V		9.03	7.08	1.53	164.	0.022	2.316		13.6	11.65	16.96	52.8	0.146	0.453				
		平均		11.22	9.265	4.98	92.1	0.054	0.994		21.6	19.65	26.36	100.4	0.134	0.552	H 0.056	H 0.195	H 0.052	H 0.182
39	石 平 橋	H	30	8.38	6.93	2.75	24.9	0.040	0.359	30	18.6	17.15	17.98	89	0.105	0.519	V 0.021	V 0.036	V 0.020	V 0.040
		V		8.72	7.23	6.77	36.5	0.094	0.505		11.1	9.65	11.48	39.2	0.119	0.406				
		平均		8.55	7.10	4.76	30.7	0.067	0.432		14.85	13.40	14.73	64.1	0.110	0.478	H 0.026	H 0.049	H 0.024	H 0.068
40	兼 城 橋	H	45	10.9	8.95	9.86	52.2	0.110	0.583	45	14.9	12.95	21.76	71.2	0.168	0.550	V 0.023	V 0.028	V 0.015	V 0.029
		V		5.74	3.79	6.80	5.2	0.179	0.137		9.67	7.72	11.26	14.2	0.146	0.184				
		平均		8.32	6.37	8.33	28.7	0.131	0.450		12.3	10.335	16.51	42.7	0.160	0.413	H 0.024	H 0.043	H 0.019	H 0.043
41	南 横 断 4-2号橋	H	30	5.35	3.90	15.88	0	0.407	0	30	6.50	5.05	21.28	10.0	0.421	0.198	V 0.010	V 0.015	V 0.007	V 0.016
		V		3.96	2.51	10.88	0	0.433	0		5.35	3.90	19.48	3.2	0.499	0.082				
		平均		4.66	3.205	13.38	0	0.417	0		5.93	4.475	20.38	6.6	0.455	0.147	H 0.014	H 0.023	H 0.013	H 0.021

海岸地区

S	Cl
01	0.221 1.114
13	0.028 1.518
17	0.044 0.787
20	0.553 0.481
24	0.036 2.510
25	0.486 0.395
31	0.071 0.874
33	0.139 0.426
37	0.009 0.776
38	0.134 0.552

工業地区

S	Cl
04	0.453 0.878
09	0.684 0.478
10	0.654 0.411
14	0.358 0.289
19	0.826 0.251
23	1.148 0.312
28	0.582 0.000
36	1.187 0.000

都 市 部

S	Cl
02	1.605 0.672
06	0.336 0.816
11	0.949 0.256
12	0.231 0.465
18	0.861 0.173
22	0.895 0.261
27	1.317 0.257
30	0.677 0.137
35	0.236 0.587

田 園 部

S	Cl
08	0.373 0.512
41	0.455 0.147

山 間 部

S	Cl
03	0.053 0.727
05	0.220 0.625
07	0.321 0.438
15	0.159 0.170
16	0.426 0.062
21	0.473 0.036
26	0.296 0.164
29	0.338 0.007
32	0.422 0.166
39	0.110 0.478
40	0.160 0.413
34	0.301 0.034

環境別・方向別の Cl^-/Fe (%)・ S/Fe (%) は、次の通りである。

	Cl^-/Fe (%)		S/Fe (%)	
	水平方向	垂直方向	水平方向	垂直方向
海岸部	0.45～2.31 (1.02)	0.01～2.58 (0.90)	0.02～0.53 (0.17)	0.01～0.63 (0.19)
工業地区	0.00～0.98 (0.36)	0.00～0.75 (0.29)	0.27～1.66 (0.73)	0.45～1.23 (0.76)
都市部	0.22～0.76 (0.44)	0.00～0.89 (0.36)	0.23～1.30 (0.71)	0.24～2.13 (0.85)
田園部	0.20～0.53 (0.37)	0.08～0.49 (0.29)	0.30～0.42 (0.41)	0.35～0.50 (0.43)
山間部	0.02～0.74 (0.32)	0.00～0.74 (0.23)	0.05～0.48 (0.29)	0.12～0.58 (0.29)

注：() 内は平均値

i) Cl^- は、海岸部が最も多く、その他はほぼ同じである。

また、水平方向と垂直方向の試験片を比較すると、水平方向の試験片の方が Cl^- の含有量が多い。

ii) S は、工業地帯・都市部で最も多く、海岸部で最も少ない。

水平方向と垂直方向の試験片では、 S の含有量に有意な差は見られない。

3.6 表面あらさ測定の結果

暴露試験 3 年目の試験片を用いて除錆後の表面あらさを測定した。環境条件別、鋼種別に次の試験片を選定し測定を行った。表－3.6.1 に対象橋梁を示す。その結果を表－3.6.2 に示す。

表－3.6.1 対 象 橋 梁

鋼種	橋梁番号	橋 梁 名	環境条件
B	03 26	滝 笛 橋 三 次 大 橋	山間部 山間部
	09 41	新 上 江 橋 南横断 4－2 号橋	田園部 田園部
	12 22	新 組 跨 線 橋 五 条 大 橋	都市部 都市部
	14 23	千 保 川 橋 西 淀 川 高 架 橋	工業地帯 工業地帯
	25 37	江 の 川 橋 塩 屋 大 橋	海岸部 海岸部

鋼種	橋梁番号	橋 梁 名	環境条件
A	03	滝 笛 橋	山間部
	37	塩 屋 大 橋	海岸部

(試験片数)

鋼種 B は、10 試験片

鋼種 A は、2 試験片

(試験片方向)

水平方向

(測定面)

表面および裏面

表-3.6.2 測定結果

(単位: μm)

試験片番号	評価方法*	1回目	2回目	3回目	平均値	備考
A032H2	Rmax	128	118	117	121	
	Rz	91	85	90	88	
B032H2	Rmax	120	116	96	110	
	Rz	68	91	76	78	
B092H2	Rmax	110	105	138	117	
	Rz	88	76	97	87	
B122H2	Rmax	161	198	166	175	
	Rz	96	130	92	106	
B142H2	Rmax	108	120	116	115	
	Rz	85	87	87	86	
B222H2	Rmax	115	117	95	108	
	Rz	72	72	70	71	
B232H2	Rmax	100	116	96	103	
	Rz	72	85	70	75	
B252H2	Rmax	115	91	117	107	
	Rz	63	66	95	75	
A262H2	Rmax	103	123	97	107	
	Rz	67	78	65	70	
B262H2	Rmax	91	122	115	108	
	Rz	63	86	77	75	
A372H2	Rmax					表面状態悪くて 測定不能
	Rz					
B372H2	Rmax					"
	Rz					
B412H2	Rmax	73	140	100	103	
	Rz	65	80	72	72	

*) JIS B 0601 による。

小型試験片の暴露方法については、できる限り実橋部材の条件に近づけるため、暴露架台を既設橋の主げた間に設置し、鉛直、水平の2方向に取付けるなど様々な工夫をしているが、実橋には高力ボルト継手や部材間の交差部のように、防錆上の弱点となりやすい部分が含まれており、小型試験片による検討には限界があるものと考えられる。以上の点から、寸法的にも実橋に近く、種々の構造細目を有する大型試験体を用いた暴露試験を行うこととした。

暴露地点は、図－4.1および表－4.1に示す通り、海岸からの距離が段階的に異なる3カ所を選び、それぞれ北陸地方建設局各工事事務所庁舎の屋上（2F～4F）を利用して、試験体の腹板が海岸線とほぼ平行になるように設置した。



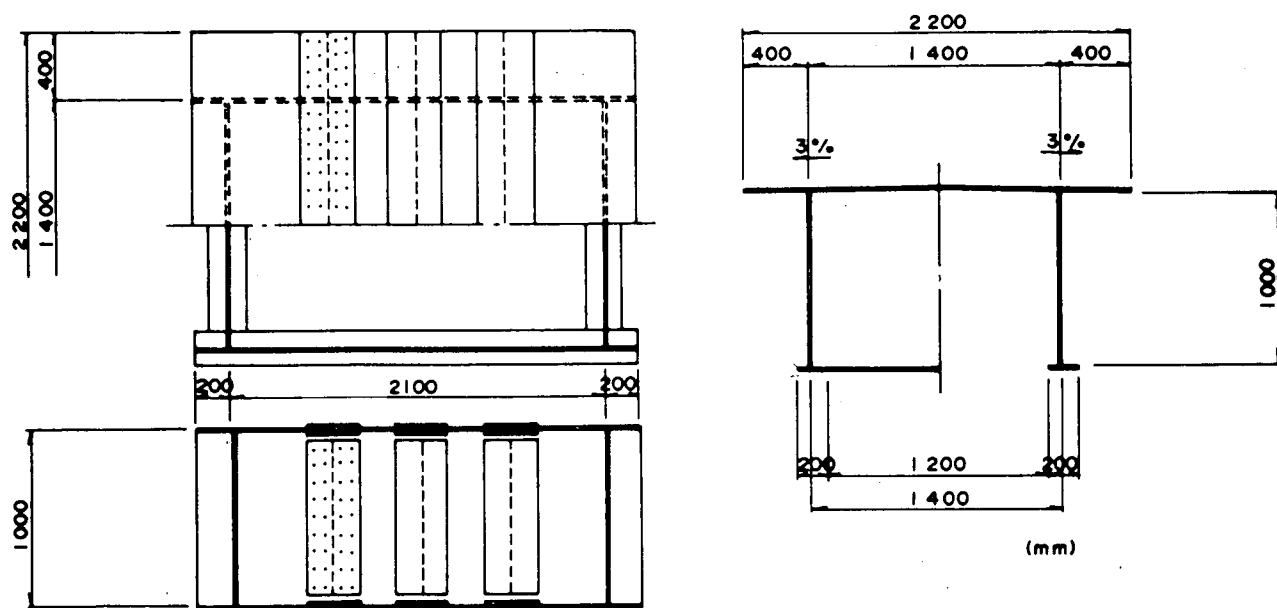
表－4.1 大型試験体の暴露場所

番号	暴 露 場 所	海岸からの距離
82	信濃川下流工事事務所 関屋出張所	約 200 m
80	北陸技術事務所	約 4 km
81	新潟国道工事事務所 黒埼維持出張所	約 6 km

4.2 試 験 体

試験体の形状および寸法を図－4.2に示す。試験体は基本的には π 形断面をしており、3カ所の高力ボルト継手を有している。使用した鋼材は、一般試験片に用いたB鋼種（JIS規格，中央値狙い）であり、高力ボルトは耐候性高力ボルトF10TWである。高力ボルトについては、統一規格がまだないため、JIS，SMA50W相当の成分系のボルトを選定して使用することとした。

試験体の内部は、小型試験片用の暴露架台を設け、小型試験片と大型試験体のさびの発生状態を比較できるように配慮されている。大型試験体内部に暴露された小型試験片は、一般試験片と溶接継手試験片の2種類である。



図－4.2 大型試験体の形状・寸法

4.3 調査項目

大型暴露試験の調査項目を以下に示す。なお、調査の詳細は、付属資料「さび分析に関する調査要領」を参照されたい。

(1) 外観観察

専門家による目視観察により錆の安定度の評価をする。

写真撮影により記録する。

(2) フェロキシル試験

錆の安定度をフェロキシル試験により判定し、評価技術の確立に寄与する。

(3) セロテープによるさび剥離試験

浮き錆、残存錆の状態をセロテープに付着させ、錆の安定度を見る。簡便法としての評価技術確立する。

(4) 腐食抵抗測定 (Rust stability tester)

錆の安定度を電気抵抗調でとらえる。簡単な装置と技術で測定可能である。

(5) 板厚測定

フランジなど、マイクロメータを用いて腐食減量を測定し残存板厚を確認する。

構造物としては、最も必要なデータであるが、測定技術に未熟な点もあり、今回の測定を技術確立の参考にする。

5. 大型暴露試験の第二回観察結果

表－5.1 に昭和60年度に実施した大型暴露試験の第二回観察結果の総括表を示す。

図－5.1 に測定点の位置を示す。

表－5.2 に外観調査結果を示す。

図－5.2.1 ～ 5.2.6 にフェロキシル試験の結果を示す。

図－5.3.1 ～ 5.3.3 にセロテープによるさび剥離試験の結果を示す。

表-5.1 大型暴露試験の第二回観察結果・総括表(昭和60.11.9~11.調査)

調 査 要 領	調 査 結 果 の 総 括				
	① 外観観察結果	② フェロキシル試験結果	③ さび剥離試験結果	④ 腐食抵抗測定結果	⑤ 板厚測定結果
関屋、北陸技術事務所、黒崎、の3カ所に暴露した大型試験体について、3年目の調査を行った。 1. 調査項目 ① 外観観察 ② フェロキシル試験 ③ セロテープによるさび剥離試験 ④ 腐食抵抗測定 (Rust stability tester) ⑤ 板厚測定 2. 調査要領 ① 外観観察 専門家による目視観察により錆の安定度の評価をする。 写真撮影により記録する。 ② フェロキシル試験 錆の安定度をフェロキシル試験により判定し、評価技術の確立に寄与する。 ③ セロテープによるさび剥離試験 浮き錆、残存錆の状態をセロテープに付着させ、錆の安定度を見る。簡便法としての評価技術を確立する。 ④ 腐食抵抗測定 (Rust stability tester) 錆の安定度を電気抵抗測定とらえる。簡単な装置と技術で測定可能である。 ⑤ 板厚測定 フランジなど、マイクロメータを用いて腐食減量を測定し残存板厚を確認する。 構造物としては、最も必要なデータであるが、測定技術に未熟な点もあり、今回の測定を技術確立の参考にする。	3 供試体について、専門家による外観観察を行い、さび安定化の程度を評価した。 ① 部 材 * ウェブ外面： 床版の陰部は、錆が粗く評価は低い。日照降雨を受ける部位は、さび安定化が進んでいる。 * ウェブ内面： 供試体の形状のため全体に同じ程度の錆化で、評価は低い。 * フランジ外面上： 日照降雨を受け、最もさび安定化が進んでいる部位。 * フランジ内面上： ウェブ内面と同様。 * フランジ下面(内外)： 飛来塩分、結晶により錆の安定化が遅く一部層状剥離している。 ② 方 向 西>北>東>南の順序で、さびの安定化が進んでいる。 ③ 位 置 供試体Ⅲ>Ⅱ>Ⅰの順序でさび安定化の程度の評価になるが供試体Ⅰには、安定錆の形成は期待出来ない。 〔総合評価〕 * 予想通り、供試体Ⅰには錆の安定化は期待出来ない。 * 供試体の形状のためか、内側はこもる状態となり、部位別の変化が少なかった。 * 桁内の小型試験片の変化状態と桁の内側の変化状態は同程度であり、小型試験片の変化が桁内の変化状態を良く表していることがわかった。 * ハイテン・ボルト 供試体Ⅱのハイテン・ボルトを1本抜いた。 ネジ部の腐食は殆ど無かった。	3 供試体の各部位について、フェロキシル試験を行った。 ① 全体評価 供試体Ⅰ (関屋) 145 点 供試体Ⅱ (黒崎) 256 点 供試体Ⅲ (北陸) 273 点 Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ ② ウェブの内側と外側 内側 外側 Ⅰ (関屋) 75 点 23 点 Ⅱ (黒崎) 83 点 93 点 Ⅲ (北陸) 100 点 93 点 Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ ③ ウェブ外側の海側と陸側 海側 陸側 Ⅰ (関屋) 43 点 21 点 Ⅱ (黒崎) 36 点 33 点 Ⅲ (北陸) 43 点 40 点 Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ ④ ウェブ外面の海側・陸側と上・中・下部 Ⅰ Ⅱ Ⅲ (関屋) (黒崎) (北陸) 上部(海) 14 14 15 (陸) 3 12 15 中部(海) 12 9 12 (陸) 3 9 11 下部(海) 12 9 12 (陸) 13 9 11 * 関屋では、層状剥離前の厚い錆層が有り、疑似結果となっている。 Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ ⑤ 下フランジ Ⅰ Ⅱ Ⅲ (関屋) (黒崎) (北陸) 上部(海) 14 14 15 (陸) 3 12 15 中部(海) 12 9 12 (陸) 3 9 11 下部(海) 12 9 12 (陸) 13 9 11 評価基準は表-3.2.1, 3.2.2と同じ。	セロテープに表面の残存錆を付着させその程度を見る極簡便な方法である。 1) 3 供試体について、各6カ所試験を行った。 2) 定量的な評価基準はないが、目視感覚によって、錆の安定度を判別することが出来た。 3) 錆の安定錆化への進行に従って、浮き錆が少なくなる現象を裏付けている。 4) 非常に粗い方法ではあるが、安定錆の評価の参考に使えるものと考えられる。 資料は、別紙参照	安定錆の保護機能をインピーダンス測定により評価する装置を開発したのでこの装置により測定した。 1) 供試体Ⅰ (関屋) 個所 測定値 19 1.016 kΩ 16 80.6 0.182 17 1.51 18 2.93 A 1.33 C 0.514 B 1.43 2) 供試体Ⅱ (黒崎) 個所 測定値 16 1.33 kΩ 17 1.33 18 1.027 5 1.40 19 2.36 C 1.47 B 2.04 E 0.60 A 1.35 3) 供試体Ⅲ (北陸) 個所 測定値 16 1.29 kΩ 17 1.35 18 1.61 8 1.66 19 2.16 13 1.43 15 1.77 26' 1.46 A 0.621 C 1.83 B 0.723 3年目で1kΩでは、錆の安定度は低い。	構造物の耐久性判定の基本となる板厚の減少量を、ポイントマイクロメータと超音波厚み計で測定した。 超音波厚み計の結果を記述する。 1) 供試体Ⅰ (関屋) 個所 測定値(mm) 16 10.29 (0.20) 17 10.38 (0.13) 18 10.37 (0.26) 19 10.45 (0.20) A 9.91 (1.34) B 10.43 (0.24) C 10.52 (0.09) 2) 供試体Ⅱ (黒崎) 個所 測定値(mm) 5 10.53 (0.04) 16 10.57 (0.06) 17 10.57 (0.03) 18 10.55 (0.04) 19 10.41 (0.13) A 10.68 (0.20) B 10.65 (0.18) C 10.29 (0.05) 3) 供試体Ⅲ (北陸) 個所 測定値(mm) 8 10.54 (0.04) 16 10.58 (0.07) 17 10.52 (0.04) 18 10.49 (0.06) 19 10.55 (0.09) A 10.64 (0.21) B - C 10.54 (0.06) 測定結果は、暴露試験前の測定値よりやや大きい値となっており、錆化に伴う表面粗さを超音波厚み計が感知したものと考えられる。しかし、ポイントマイクロメータと双方の計器で測定した結果を見ると、測定値の差異は小さく超音波厚み計による測定値の妥当性も否めない。

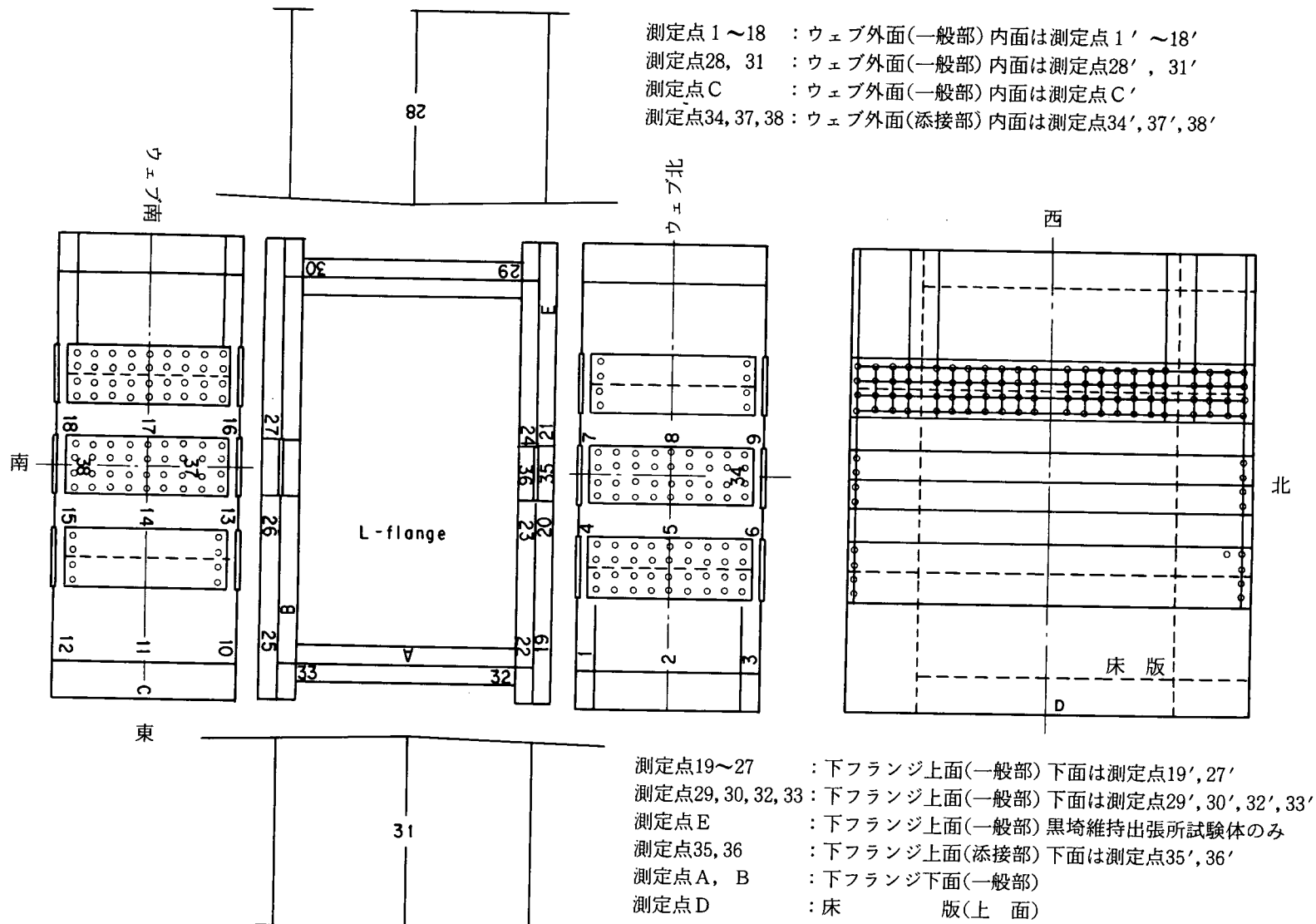
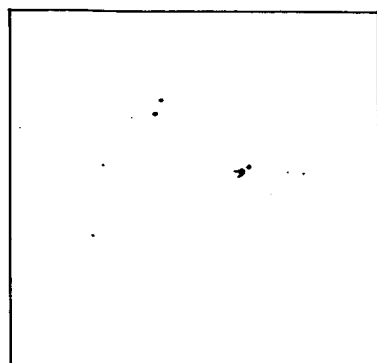


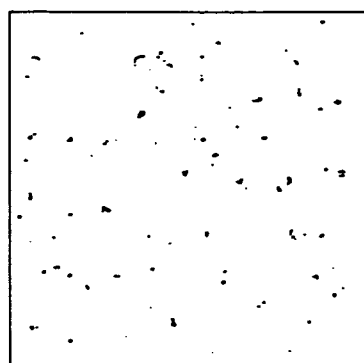
図 5.1 大型試験体の調査箇所図

表-5.2 外観調査結果 調査月日：60.11.5～6

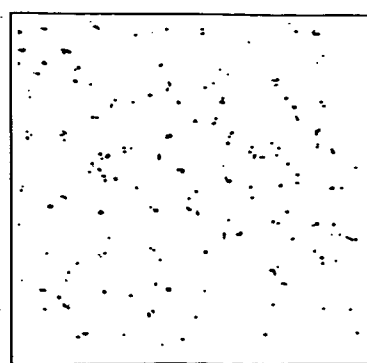
試験体 調査部位			供 試 体 Ⅰ				供 試 体 Ⅱ				供 試 体 Ⅲ				総 合 評 価
			海より 0.2 km (関屋管理事務所)				海より 4.0 km (北陸技術事務所)				海より 6.0 km (黒崎管理事務所)				
調 査 項 目			さび安定度(専門家3名の評価)		総合評価	さび安定度(専門家3名の評価)		総合評価	さび安定度(専門家3名の評価)		総合評価	考 察			
北 側	ウェブ 外	上	1	1	2	4	2	2	3	7	1	2	3	6	① 部 材 ウェブ外面： 床版陰部は、錆が粗く評価が低い 日照降雨の当たる部位は、安定化 が進んでいる。 ウェブ内面： 供試体の形状のため、全体に同じ 程度の錆化で評価は低い。 フランジ外側上面： 日照降雨が当たり、最もさび安定 化が進んでいる部位。 フランジ内側上面： ウェブ内面と同様。 フランジ下面(内外)： 飛来塩分、結露により錆の安定化 が遅く、一部層状剥離している。 ② 方 向 西>北>東>南 の方向で、安定化が進んでいる。 ③ 位 置 供試体 Ⅲ>Ⅱ>Ⅰ の順序で、安定化の程度の評価にな るが、供試体Ⅰには安定錆の形成は 期待出来ない。 〔総合評価〕 *予想通り、供試体Ⅰには錆の安定化 は期待出来ない。 *供試体の形状のためか、内側は籠も る状態となり、部位の変化が少なか った。 *桁内の小型試験片の変化状態と桁の 内側の変化状態は、同様であり小型 暴露試験片がシュミレートしている。
		中	2	3	2	7	2	3	3	8	2	3	3	8	
	内	上	2	3	2	7	2	4	3	9	3	3	3	9	
		中	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
	フランジ外	上	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
		下	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
	内	上	2	3	3	8	3	4	4	11	3	4	4	11	
		下	1	1	1	3	1	1	1	3	1	2	1	4	
	スプライス	上	1	1	1	3	1	1	2	4	1	1	2	4	
		下	1	1	1	3	1	1	1	3	1~2	2	1	4~5	
ボルト	上	1	3	2		2	3	3		1~2	3	3			
	下	1	1	1		1~2	2	2		1~2	2	2			
			ウェブ・フランジの合計 : (44)				ウェブ・フランジの合計 : (61~64)				ウェブ・フランジの合計 : (61~65)				
南 側	ウェブ 外	上	1	1	1	3	1	1	3	5	1	2	3	6	
		中	2	1	2	5	2	3	3	8	2	3	3	8	
	内	上	2	2	2	6	2	3	2	7	2	3	2	7	
		中	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
	フランジ外	上	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
		下	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
	内	上	2	3	3	8	2	4	3	9	3	4	4	11	
		下	1	1	1	3	1	1	1	3	1	2	1	4	
	スプライス	上	1	1	1	3	1	1	2	4	1	2	2	5	
		下	1	1	1	3	1	1	1	3	1~2	2	1	4~5	
ボルト	上	1	1	1		1~2	2	3		1~2	3	3			
	下	1	1	1		1~2	2	2		1	2	2			
			ウェブ・フランジの合計 (40)				ウェブ・フランジの合計 : (54~57)				ウェブ・フランジの合計 : (60~64)				
東 側	ウェブ 外	上	1	1	2	4	2	1	3	6	1	2	3	6	
		中	2	2	2	6	3	3	2	8	2	3	3	8	
	内	上	2	3	2	7	3	3	2	8	2	3	3	8	
		中	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
	フランジ外	上	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
		下	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
	内	上	2	3	3	8	3	3	4	10	3	4	4	11	
		下	1	1	1	3	2	1	1	4	1	2	1	4	
	スプライス	上	1	1	1	3	1	1	2	4	1	2	2	5	
		下	1	1	1	3	1	1	1	3	1	2	1	4	
			(43)				ウェブ・フランジの合計 : (58~61)				ウェブ・フランジの合計 : (61~64)				
西 側	ウェブ 外	上	2	1	2	5	2	3	3	8	1	3	3	7	
		中	3	3	2	8	3	4	2	9	2	4	3	9	
	内	上	3	3	2	8	3	4	2	9	3	4	3	10	
		中	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
	フランジ外	上	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
		下	1	1	1	3	1~2	2	2	5~6	1~2	2	2	5~6	
	内	上	3	3	3	9	3	4	4	11	3	4	4	11	
		下	2	1	1	4	2	2	1	5	2	2	1	5	
	スプライス	上	1	1	1	3	1	2	2	5	1	2	2	5	
		下	1	1	1	3	1	2	2	5	1	2	2	5	
			ウェブ・フランジの合計 : (49)				ウェブ・フランジの合計 : (66~69)				ウェブ・フランジの合計 : (65~68)				



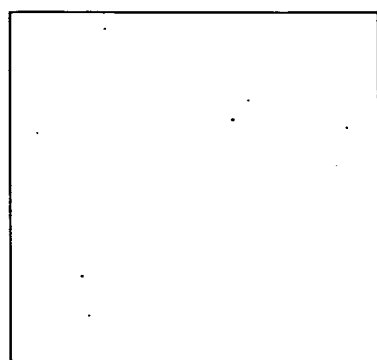
測定点 10
評価点：1



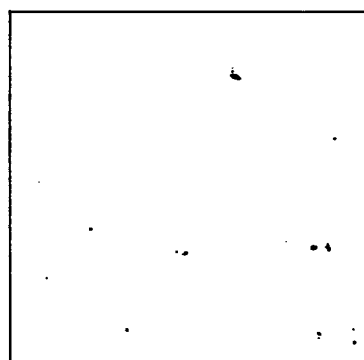
測定点 11
評価点：1



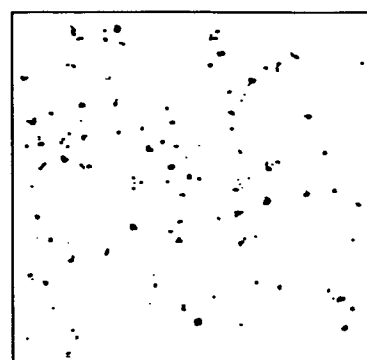
測定点 12
評価点：4



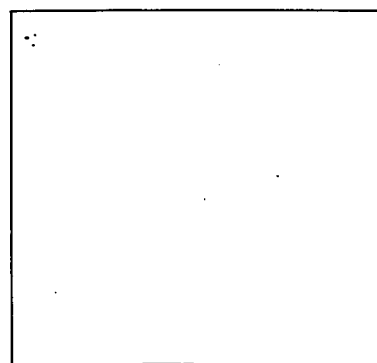
測定点 13
評価点：1



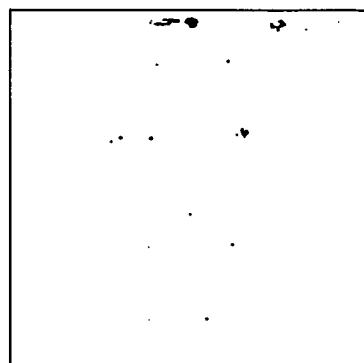
測定点 14
評価点：1



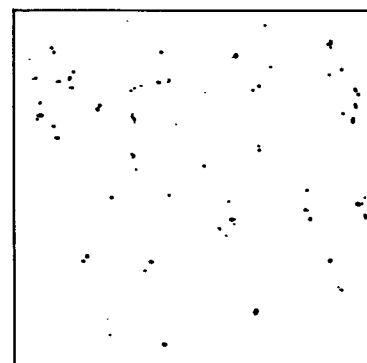
測定点 15
評価点：4



測定点 16
評価点：1

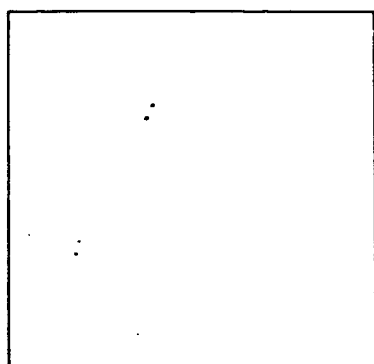


測定点 17
評価点：1

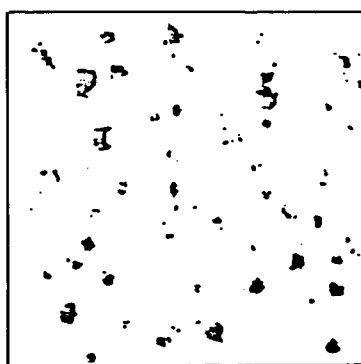


測定点 18
評価点：5

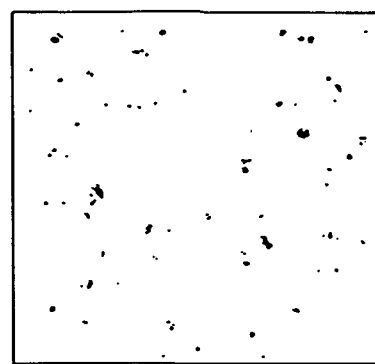
図-5.2.1 フェロキシル試験結果 供試体Ⅰ (関屋)〔表側面〕



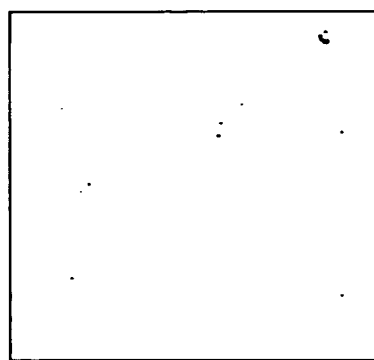
測定点 10'
評価点 : 1



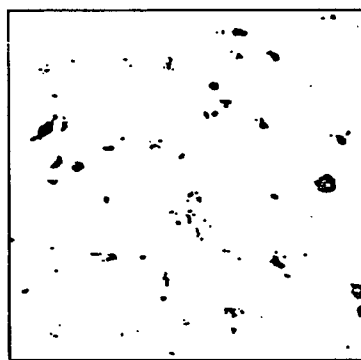
測定点 11'
評価点 : 1



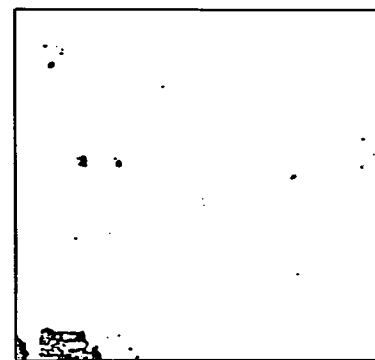
測定点 12'
評価点 : 1



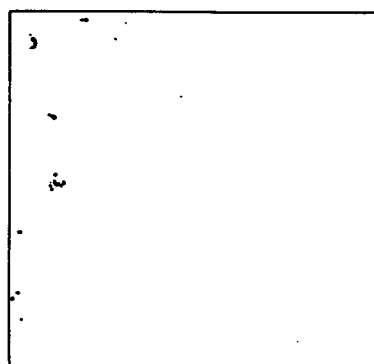
測定点 13'
評価点 : 1



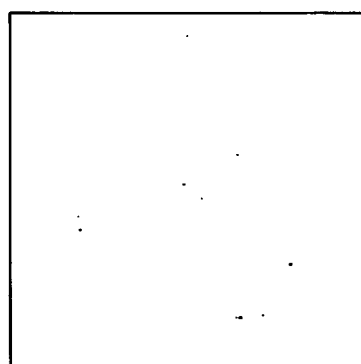
測定点 14'
評価点 : 1



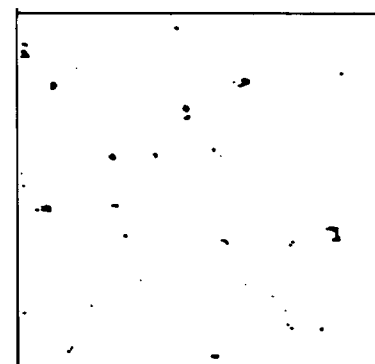
測定点 15'
評価点 : 1



測定点 16'
評価点 : 1

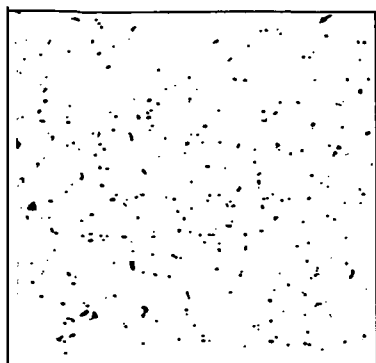


測定点 17'
評価点 : 1

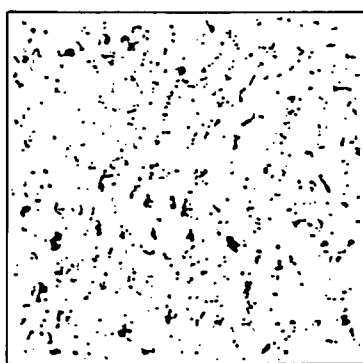


測定点 18'
評価点 : 1

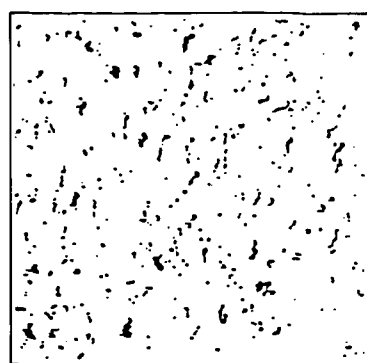
図- 5. 2. 2 フェロキシル試験結果 供試体 I (関屋) [裏側面]



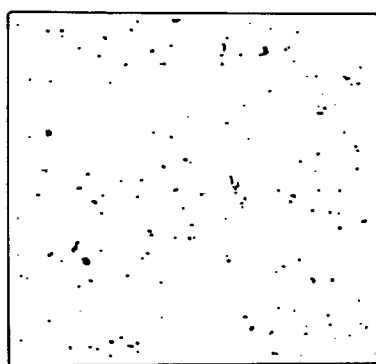
測定点 10
評価点 : 4



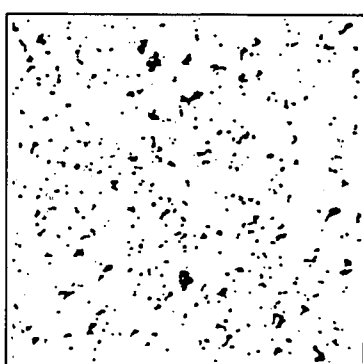
測定点 11
評価点 : 3



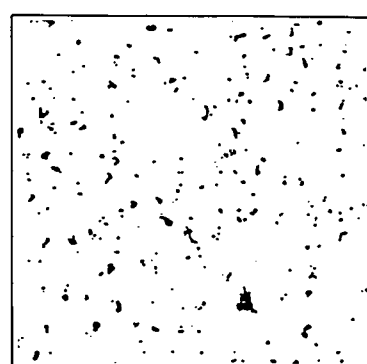
測定点 12
評価点 : 3



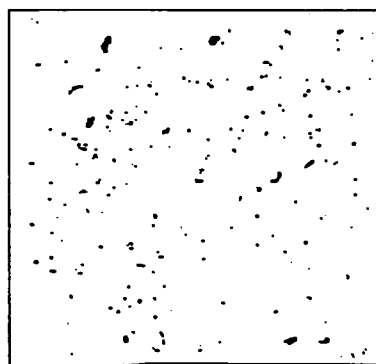
測定点 13
評価点 : 4



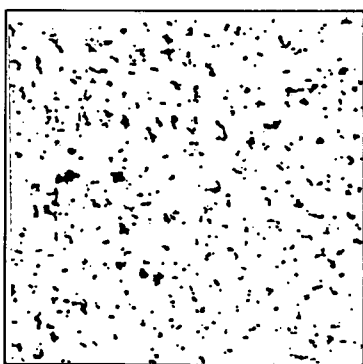
測定点 14
評価点 : 3



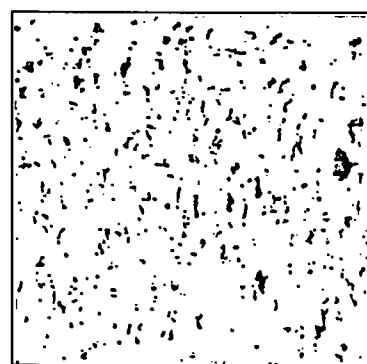
測定点 15
評価点 : 3



測定点 16
評価点 : 4



測定点 17
評価点 : 3

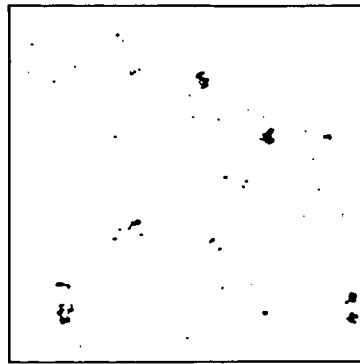


測定点 18
評価点 : 3

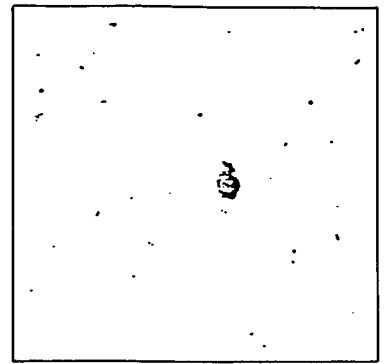
図-5.2.3 フェロキシル試験結果 供試体Ⅱ (黒埼) [表側面]



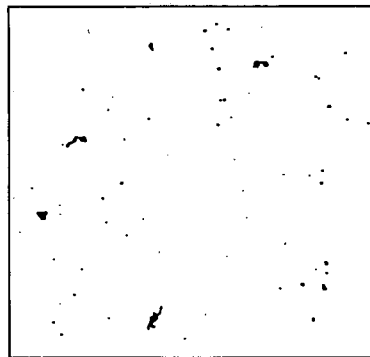
測定点 10'
評価点 : 4



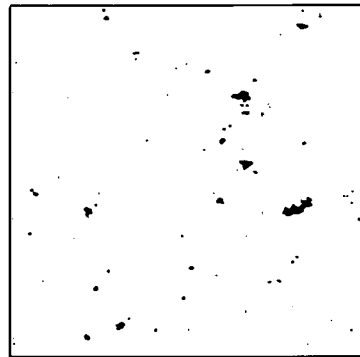
測定点 11'
評価点 : 4



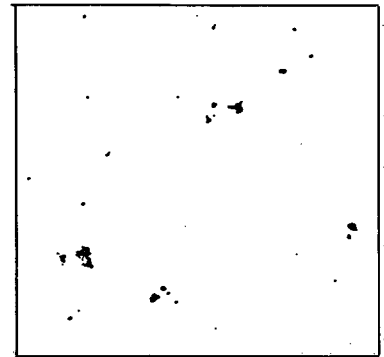
測定点 12'
評価点 : 4



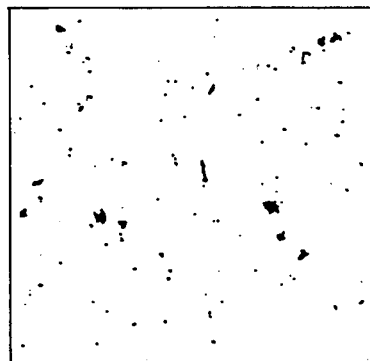
測定点 13'
評価点 : 4



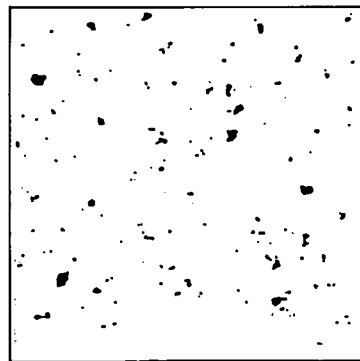
測定点 14'
評価点 : 4



測定点 15'
評価点 : 4



測定点 16'
評価点 : 4

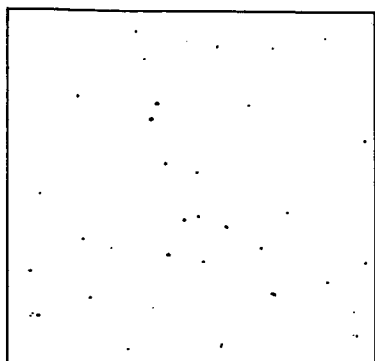


測定点 17'
評価点 : 4

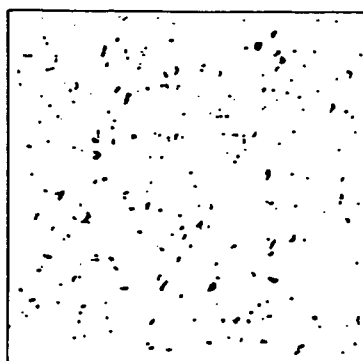


測定点 18'
評価点 : 4

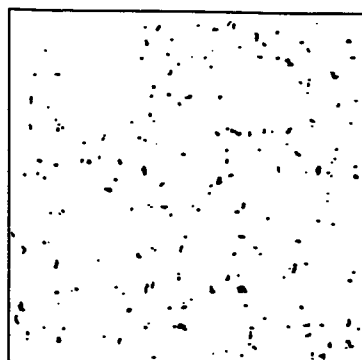
図-5.2.4 フェロキシル試験結果 供試体Ⅱ (黒埼)〔裏側面〕



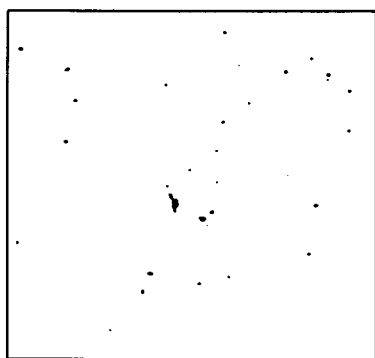
測定点 10
評価点 : 5



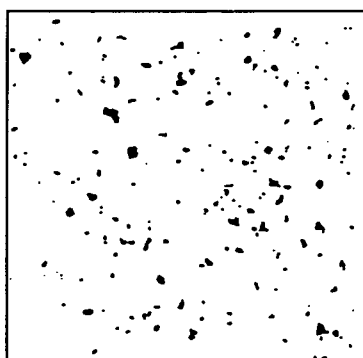
測定点 11
評価点 : 4



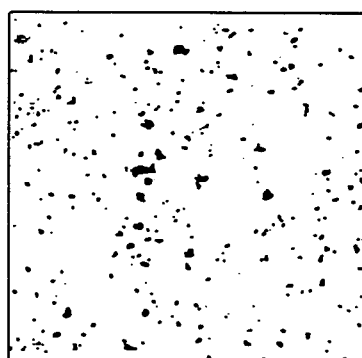
測定点 12
評価点 : 4



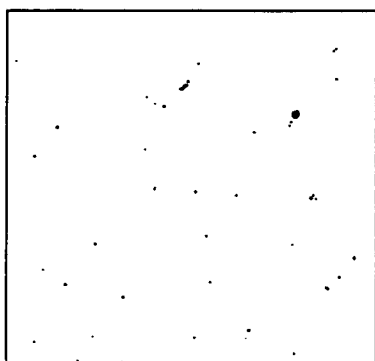
測定点 13
評価点 : 5



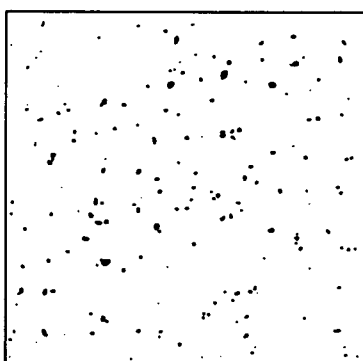
測定点 14
評価点 : 3



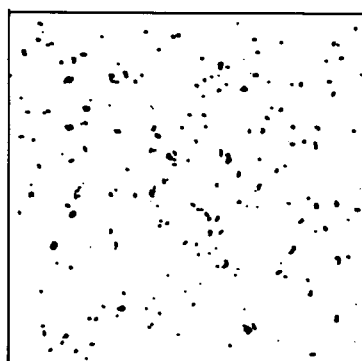
測定点 15
評価点 : 3



測定点 16
評価点 : 5

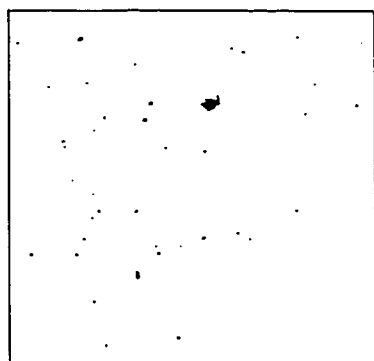


測定点 17
評価点 : 4

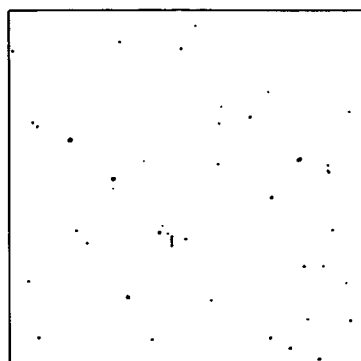


測定点 18
評価点 : 4

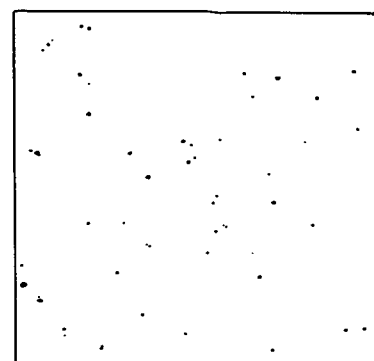
図-5.2.5 フェロキシル試験結果 供試体Ⅲ (北陸) (表側面)



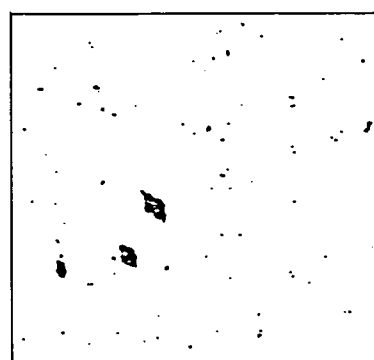
測定点 10'
評価点 : 4



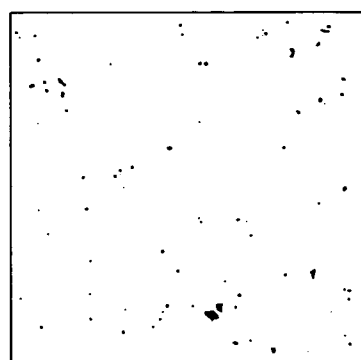
測定点 11'
評価点 : 5



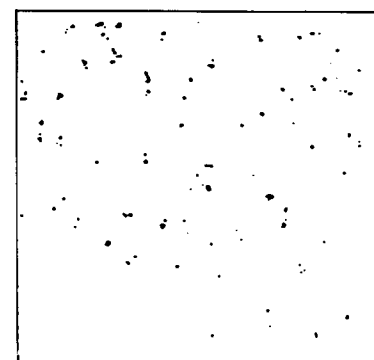
測定点 12'
評価点 : 4



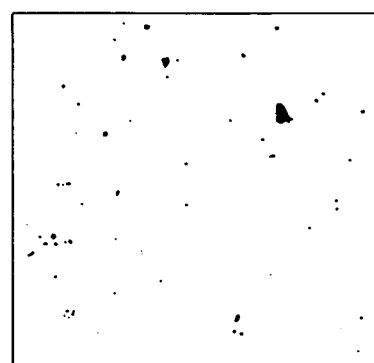
測定点 13'
評価点 : 4



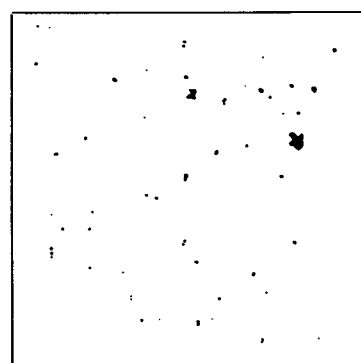
測定点 14'
評価点 : 4



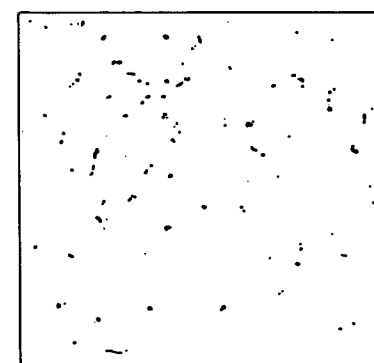
測定点 15'
評価点 : 4



測定点 16'
評価点 : 4



測定点 17'
評価点 : 4



測定点 18'
評価点 : 4

図-5.2.6 フェロキシル試験結果 供試体Ⅲ (北陸) (裏側面)

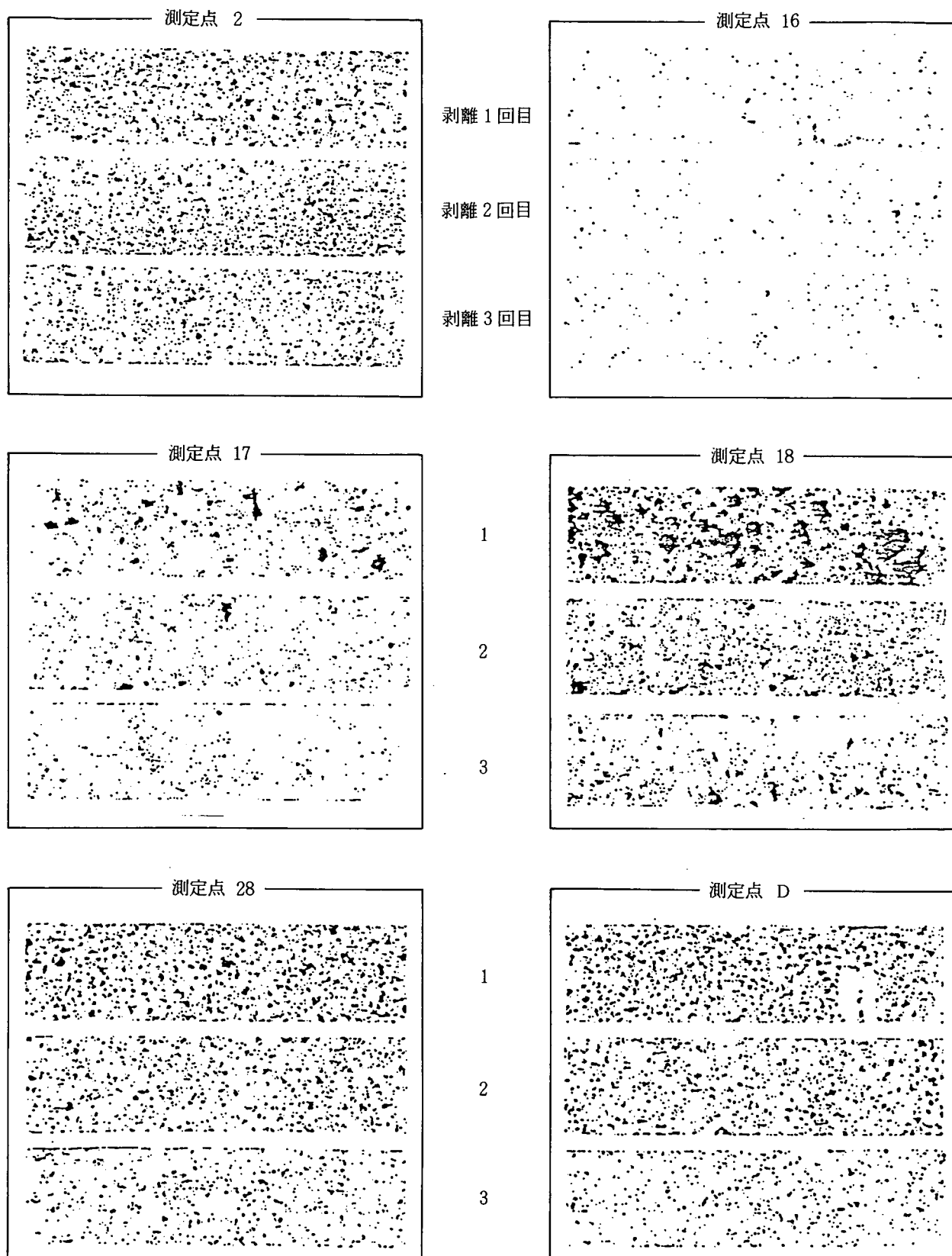


図- 5. 3. 1 セロテープによるさび剥離試験結果

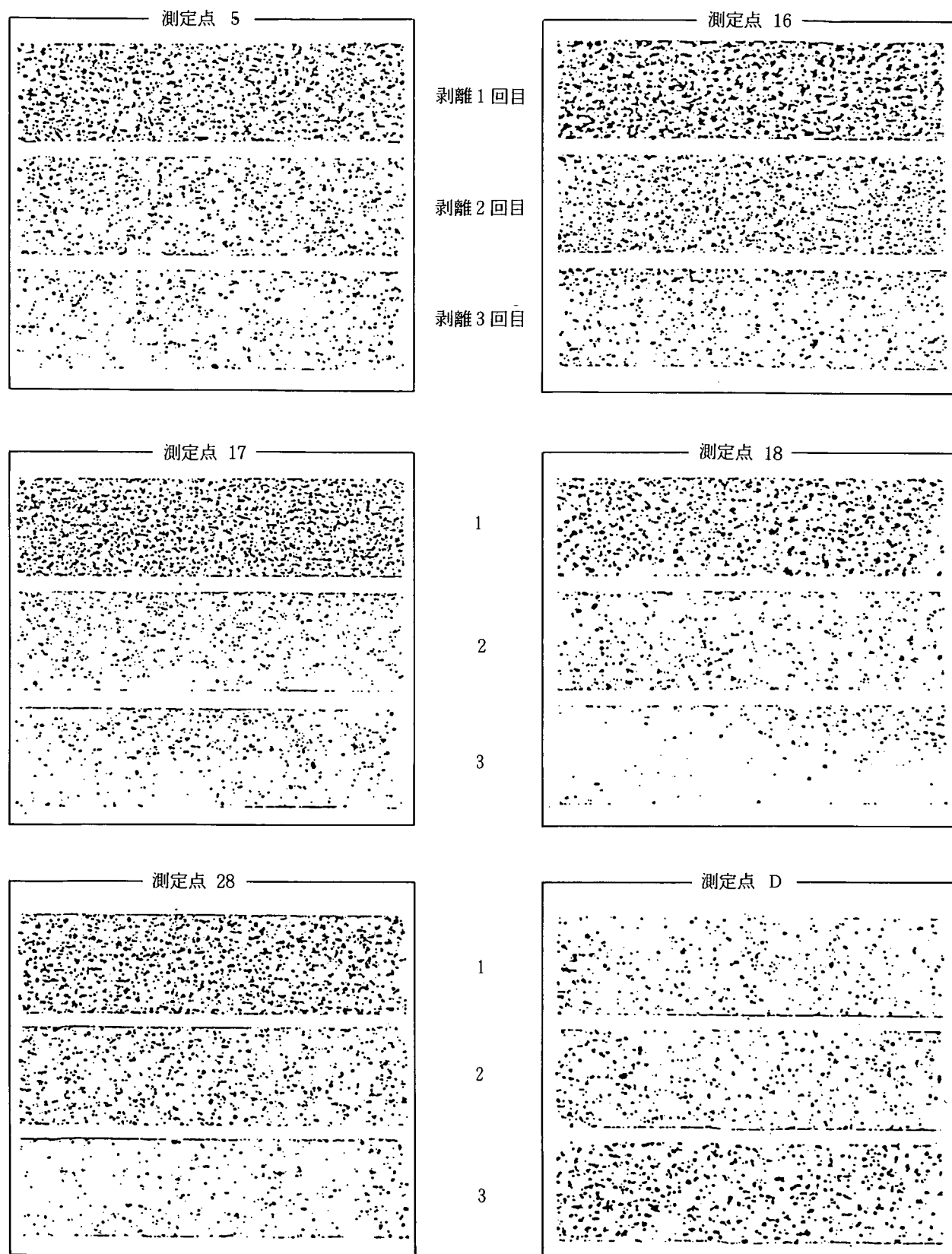


図-5.3.2 セロテープによるさび剥離試験結果

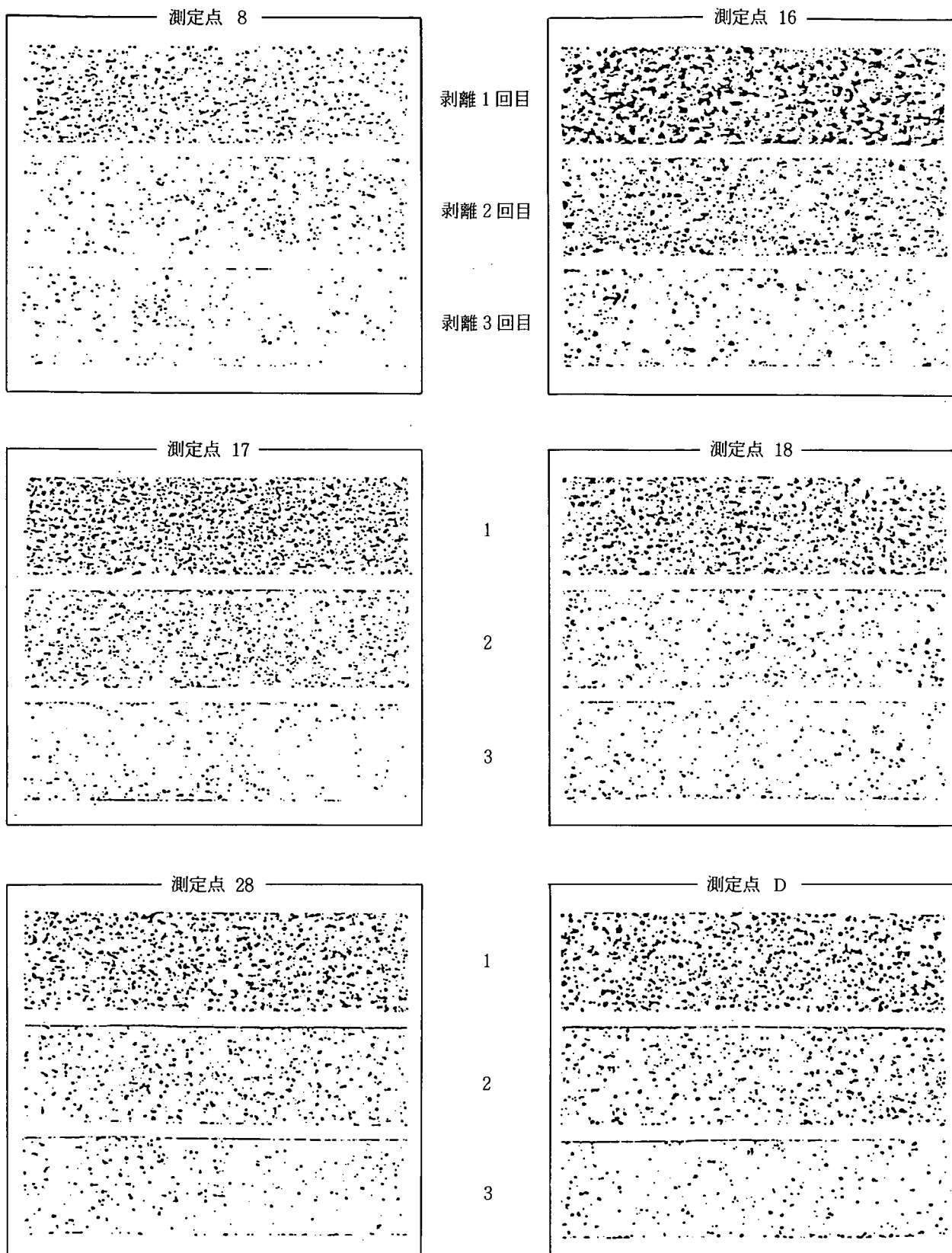


図- 5.3.3 セロテープによるさび剥離試験結果

6. ま と め

全国暴露試験第二回（3年目）腐食調査のうち、暴露試験片の化学分析調査結果および大型暴露試験体の調査結果は、次の通りである。

6.1 小型試験片の調査結果

(1) 外観調査結果：

3年目の結果では、耐候性鋼（B鋼種）と普通鋼（A鋼種）との間に顕著な差が見られなかった
ので、B鋼種を中心に考察した。

試験片の表面変化の差が広がり、外観調査の評価方法として1年目の方法をそのまま適用する事
が出来ない事が判り、3年目のデータだけでまとめる事とした。

また、垂直方向暴露試験片は、表裏に差がないために片面のみ比較の対象とした。

① 暴露試験片のさび安定化に方向性がある。

（遅れている）水平方向表面＜水平方向裏面＜垂直方向（進んでいる）
の順にさびの安定化が進んでいる傾向にある。

② 環境条件別には、海岸部はさび安定化は殆どせず、他の環境条件に比べて腐食が激しい。

都市部、田園地帯および山間部は、まだ錆の少ないものが多く3年間ではまださび安定化に充分で
はないようである。最もさび安定化傾向にあるのが山間部である。

③ 平均板厚減少量と外観観察結果とは相関がある。

(2) フェロキシル試験結果：

① 1年目でフェロキシル試験対象外（層状剥離しているもの）の橋梁が5カ所であったが、3年目 では6カ所増えて11カ所になった。

② 海岸部以外の環境では、鋼種間に有意な差は見られない。

③ 山間部では、外観観察結果とフェロキシル試験結果は比較的合致しているが、その他の環境条件 では両者のバラツキが大きい。

④ フェロキシル試験結果における評価点は、1年目より3年目の結果の方が高い。

(3) さびの断面観察結果：

環境条件別に代表的な試験片を選び特殊試験を行った。1年目の試験片数にNa09（新上江橋）を
追加して、合計6橋梁24個の試験片について調査した。

1) 偏光顕微鏡によるさび層の断面観察結果

さび層中の非偏光層の割合・位置・連続性の各項目について3段階の評価を行い、さらにそれらの
結果の総合として安定さびの形成の程度を3段階で評価した。

① 普通鋼（A鋼種）の評点の総平均が1年目1.8から3年目1.9と殆ど変わらないのに対して、耐 候性鋼（B鋼種）は1.6から2.2に上昇している。

- ② 平均板厚減少量と安定さび形成状況判定結果（評点）との関係を見ると、平均板厚減少量の少ない（約0.07 mm以下）試験片の評点は高く、安定さびの形成がかなり進んでいると見られる値であった。
- ③ 平均板厚減少量が多い（0.30 mm～0.56 mm）試験片の評点は低く、安定さびは形成されていない。しかし、塩屋大橋の試験片は、安定さびが形成している様に観察されており、反対の結果となっている。この逆な現象の原因は不明であるが、局所的なこの観察方法の限界を表すものであろう。

2) EPMAによるさび層の断面観察結果

1) 項で用いた24個の試験片をEPMAにより面分析と線分析を行った。

① 面分析試験結果

- a. B鋼種（耐候性鋼）において、耐候性を付加する元素Cr, Cu, Niの濃縮の程度は全体的に少なくCr, Cuがやや濃縮されている程度である。
- b. Sは、A鋼種とB鋼種ともに、殆ど濃縮されていない。

② 線分析試験結果

- a. B鋼種において、Cr, Cuの濃縮がみられる。また、環境条件によってNiの濃縮がみられる。
- b. Sは、A鋼種とB鋼種ともに良く濃縮されている。

(4) さびの化学分析結果

B鋼種のさび分析結果についてまとめた。

- ① Cl^- は、海岸部が最も多く、その他はほぼ同じである。
 - ② また、水平方向と垂直方向の試験片を比較すると、水平方向の試験片の方が Cl^- の含有量が多い。
 - ③ Sは、工業地帯・都市部で最も多く、海岸部で最も少ない。
- 水平方向と垂直方向の試験片では、Sの含有量に有意な差は見られない。

6.2 大型暴露試験体の調査結果

関屋出張所・北陸技術事務所・黒埼維持出張所の3カ所に暴露した大型暴露試験体について、外観観察、フェロキシル試験、さび剥離試験、板厚測定を行った。参考として、腐食抵抗値測定も併せて実施した。

- ① 総合すると、海岸からの距離に対応した変化状態になっている。海岸線から0.2 km離れた関屋の試験体は腐食が著しい。
- ② 大型暴露試験体の内側に暴露している小型試験片のさびの状態と大型暴露試験体の下フランジ部のさびの状態は、ほぼ同様である。

耐候性鋼全国暴露試験・データ総括表（その1）

橋梁 番号	橋 梁 名 (海岸から) (の 距 離)	腐 食 減 量 (mm)								環境条件調査		さびの化学分析		フェロキシル 試 験 結 果		外観調査結果			特 殊 試 験						
		普 通 鋼 (A)				耐 候 性 鋼 (B)				Nacl	SO ₃	Cl ⁻	S ⁻	垂 直 方 向	水 平 方 向	垂 直 方 向	水 平 方 向	偏光顕微鏡		EPMA					
		垂 直 方 向		水 平 方 向		垂 直 方 向		水 平 方 向										V	H	線分析		面分析			
		1 年 目	3 年 目	1 年 目	3 年 目	1 年 目	3 年 目	1 年 目	3 年 目											上 下	A B	V	H	V	H
										(mg/100cm ² /day)		Cl/Fe (%)	S/Fe (%)												
01	石 狩 河 口 橋 (1.5 km)	0.038	0.077	0.044	0.100	0.036	0.079	0.038	0.102	0.394	0.067	V 0.73 H 1.12	V 0.23 H 0.22	4.75	5.0 *	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-
04	母 恋 高 架 橋 (1.5 km)	0.021	0.040	0.026	0.050	0.019	0.044	0.028	0.053	0.147	0.036	V 0.54 H 0.82	V 0.48 H 0.44	4.0	4.25	4	2	3	-	-	-	-	-	-	-
05	高 城 大 橋 (1.4 km)	0.014	0.035	0.020	0.043	0.013	0.038	0.016	0.046	0.116	0.006	V 0.25 H 0.56	V 0.21 H 0.23	3.75	4.25	4	3	3	-	-	-	-	-	-	-
10	海 老 川 大 橋 (0.0 km)	0.029	0.053	0.037	0.059	0.023	0.057	0.031	0.052	0.185	0.140	V 0.38 H 0.44	V 0.63 H 0.68	4.25	4.25	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-
13	米 山 大 橋 (1.3 km)	0.062	0.115	0.089	0.247	0.062	0.128	0.051	0.285	0.067	0.023	V 1.73 H 1.46	V 0.06 H 0.02	1.0	1.0 *	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-
17	新 緑 橋 (0.2 km)	0.063	0.156	0.088	0.375	0.050	0.151	0.087	0.402	0.296	0.019	V 0.90 H 0.70	V 0.07 H 0.02	1.0	1.0 *	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-
20	有 田 大 橋 (1.8 km)	0.010	0.033	0.016	0.048	0.013	0.030	0.014	0.047	0.156	0.099	V 0.38 H 0.55	V 0.63 H 0.50	4.0	4.0	4	3	3	-	-	-	-	-	-	-
24	浜 村 橋 (0.1 km)	0.096	0.237	0.128	0.395	0.091	0.301	0.146	0.560	1.703	0.028	V 2.58 H 2.31	V 0.02 H 0.05	1.0	1.0 *	1	1	1	2.0 1.0	1.0 1.0	6	10	5	5	
25	江 の 川 橋 (1.0 km)	0.022	0.041	0.022	0.037	0.012	0.036	0.019	0.043	0.104	0.065	V 0.33 H 0.45	V 0.44 H 0.53	3.75	3.75 (*)	3	1	3	-	-	-	-	-	-	-
31	安 田 川 橋 (0.1 km)	0.050	0.129	0.111	0.454	0.045	0.132	0.077	0.327	0.462	0.033	V 1.20 H 0.71	V 0.15 H 0.03	1.0	1.0 *	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-
33	木 崎 大 橋 (0.8 km)	0.038	0.070	0.040	0.117	0.031	0.075	0.040	0.104	0.355	0.036	V 0.01 H 0.96	V 0.15 H 0.13	1.0	1.0 *	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-
37	塩 屋 大 橋 (0.0 km)	0.319	1.148	0.411	0.613	0.464	1.332	0.363	0.772	1.122	0.003	V 0.50 H 1.27	V 0.01 H 0.02	1.0	1.0 *	1	1	1	3.0 2.0	3.0 3.0	9	12	5	4	
38	世 富 慶 歩 道 橋 (0.3 km)	0.044	0.095	0.056	0.195	0.046	0.113	0.052	0.182	0.362	0.059	V 0.45 H 0.59	V 0.15 H 0.13	1.0	1.0 *	1	1	2	-	-	-		-	-	-
03	滝 笛 橋 (40.0 km)	0.008	0.018	0.015	0.034	0.009	0.025	0.015	0.039	0.042	0.003	V 0. H 0.34	V 0.12 H 0.05	4.0	4.25	4	2	3	-	-	-	-	-	-	-
06	大 洞 橋 (45.0 km)	0.008	0.008	0.009	0.018	0.005	0.010	0.008	0.018	0.013	0.003	V 0.30 H 0.29	V 0.34 H 0.33	3.0	3.5	4	3	4	-	-	-	-	-	-	-
08	大 峰 沢 橋 (155.0 km)	0.008	0.009	0.009	0.015	0.004	0.011	0.005	0.013	0.006	0.003	V 0 H 0	V 0.35 H 0.40	3.25	3.75	4	3	4	-	-	-	-	-	-	-

耐候性鋼全国暴露試験・データ総括表（その2）

橋梁 番号	橋 梁 名 (海岸から) の 距 離	腐 食 減 量 (mm)								環境条件調査		さびの化学分析		フェロキシル 試 験 結 果		外観調査結果				特 殊 試 験					
		普 通 鋼 (A)				耐 候 性 鋼 (B)				Nacl	SO ₃	Cl ⁻	S ⁻	垂 直 方 向	水 平 方 向	垂 直 方 向	水平方向 表 裏		偏光顕微鏡 V H		EPMA 線分析 面分析 V H V H				
		垂直方向		水平方向		垂直方向		水平方向		(mg/100cm ² /day)	Cl/Fe (%)	S/Fe (%)													
		1年目	3年目	1年目	3年目	1年目	3年目	1年目	3年目																
15	常 浪 橋 (43.0 km)	0.016	0.018	0.013	0.022	0.007	0.017	0.008	0.021	0.024	0.006	V 0.24 H 0.11	V 0.14 H 0.18	3.0	3.5	3	3	3	-	-	-	-	-	-	
16	蛤 橋 (57.0 km)	0.006	0.018	0.010	0.023	0.005	0.017	0.007	0.022	0.026	0.030	V 0.11 H 0.02	V 0.58 H 0.39	3.0	3.75	4	3	5	-	-	-	-	-	-	
21	山 上 橋 (52.0 km)	0.011	0.022	0.015	0.030	0.010	0.024	0.016	0.028	0.022	0.027	V 0 H 0.10	V 0.54 H 0.43	3.5	4.25	5	3	4	-	-	-	-	-	-	
26	三 次 大 橋 (56.0 km)	0.010	0.019	0.018	0.021	0.005	0.020	0.014	0.021	0.043	0.01	V 0.05 H 0.25	V 0.32 H 0.28	3.25	4.25	3	2	4	-	-	-	-	-	-	
32	肱 川 橋 (13.0 km)	0.008	0.016	0.014	0.022	0.007	0.019	0.011	0.021	0.031	0.015	V 0.13 H 0.20	V 0.41 H 0.44	3.25	3.5	5	2	3	-	-	-	-	-	-	
34	西 の 谷 橋 (24.0 km)	0.009	0.010	0.010	0.018	0.005	0.015	0.007	0.017	0.024	0.013	V 0 H 0.15	V 0.33 H 0.39	3.0	3.25	5	3	3	-	-	-	-	-	-	
39	石 平 橋 (2.8 km)	0.021	0.036	0.026	0.049	0.023	0.040	0.024	0.068	0.128	0.006	V 0.41 H 0.52	V 0.12 H 0.11	3.5	4.5	5	2	3	2.0 2.5	1.3 1.3	9	6	4	3	
40	兼 城 橋 (3.5 km)	0.023	0.029	0.028	0.043	0.017	0.029	0.019	0.043	0.113	0.004	V 0.18 H 0.55	V 0.15 H 0.17	3.0	4.0	2	2	2	-	-	-	-	-	-	
09	新 上 江 橋 (35.0 km)	0.019	0.030	0.022	0.047	0.015	0.029	0.016	0.032	0.078	0.052	V 0.09 H 0.17	V 0.76 H 0.62	4.0	4.0	5	2	4	2.5 3.0	3.0 2.0	11	7	5	3	
41	南横断4-2号橋 (44.0 km)	0.010	0.015	0.014	0.023	0.007	0.017	0.013	0.021	0.018	0.023	V 0.08 H 0.20	V 0.50 H 0.42	3.0	3.0	5	4	4	-	-	-	-	-	-	
04	母 恋 高 架 橋 (1.5 km)	0.021	0.040	0.026	0.050	0.019	0.044	0.028	0.053	0.147	0.036	V 0.54 H 0.82	V 0.48 H 0.44	4.0	4.25	4	2	3	-	-	-	-	-	-	
10	海 老 川 大 橋 (0.0 km)	0.029	0.053	0.037	0.059	0.023	0.057	0.031	0.052	0.185	0.140	V 0.38 H 0.44	V 0.63 H 0.68	4.25	4.25	2	2	2	-	-	-	-	-	-	
14	千 保 川 橋 (6.0 km)	0.013	0.039	0.018	0.046	0.012	0.040	0.018	0.048	0.083	0.063	V 0.26 H 0.32	V 0.47 H 0.27	3.25	3.75	2	3	3	-	-	-	-	-	-	
19	四 日 市 高 架 橋 (1.6 km)	0.007	0.037	0.021	0.043	0.014	0.034	0.016	0.042	0.082	0.109	V 0.09 H 0.40	V 0.82 H 0.83	3.75	4.0	5	3	5	-	-	-	-	-	-	
23	西 淀 川 高 架 橋 (2.0 km)	0.011	0.030	0.014	0.034	0.013	0.028	0.014	0.030	0.152	0.245	V 0.36 H 0.26	V 1.22 H 1.07	4.0	4.0	5	5	5	1.5 2.0	2.0 2.5	10	10	5	5	
28	新 霞 橋 (4.0 km)	0.011	0.023	0.013	0.025	0.006	0.026	0.009	0.025	0.041	0.071	V 0 H 0	V 0.77 H 0.45	3.0	3.5	4	5	4	-	-	-	-	-	-	
36	中 央 高 架 橋 (4.5 km)	0.010	0.020	0.012	0.023	0.006	0.021	0.007	0.027	0.034	0.118	V 0 H 0	V 1.23 H 1.15	3.0	3.0	5	5	5	-	-	-	-	-	-	

耐候性鋼全国暴露試験・データ総括表（その3）

橋梁 番号	橋 梁 名 (海岸から の 距 離)	腐 食 減 量 (mm)								環境条件調査		さびの化学分析		フェロキシル 試 験 結 果		外観調査結果		特 殊 試 験							
		普 通 鋼 (A)				耐 候 性 鋼 (B)				NaCl	SO ₃	Cl ⁻	S ⁻	垂 直 方 向	水 平 方 向	垂 直 方 向	水 平 方 向	偏光顕微鏡		E P M A					
		垂直方向		水平方向		垂直方向		水平方向		(mg/100cm ² /day)	Cl/Fe (%)	S/Fe (%)	表					裏	V 上下	H A B	線分析 V H	面分析 V H			
		1年目	3年目	1年目	3年目	1年目	3年目	1年目	3年目																
02	豊 平 橋 (15.0 km)	0.006	0.012	0.007	0.017	0.004	0.013	0.010	0.020	0.029	0.079	V 0 H 0	V 2.13 H 1.30	3.0	3.5	5	5	5	—	—	—	—	—	—	
07	名 取 大 橋 (8.0 km)	0.013	0.034	0.017	0.042	0.013	0.040	0.020	0.046	0.057	0.020	V 0.23 H 0.20	V 0.34 H 0.36	4.0	4.0	4	2	4	2.5 2.5	1.5 2.5	10	9	5	3	
11	尾 張 屋 橋 (2.0 km)	0.012	0.022	0.014	0.026	0.010	0.020	0.012	0.024	0.021	0.055	V 0.22 H 0.29	V 0.96 H 0.94	3.75	4.0	5	4	5	—	—	—	—	—	—	
12	新 組 跨 線 橋 (15.0 km)	0.030	0.064	0.059	0.082	0.026	0.064	0.037	0.080	0.179	0.05	V 0.42 H 0.49	V 0.27 H 0.21	4.0	3.0 (*)	3	1	1	—	—	—	—	—	—	
18	呼 続 大 橋 (4.0 km)	0.015	0.029	0.015	0.033	0.012	0.031	0.013	0.031	0.031	0.268	V 0.14 H 0.22	V 0.76 H 0.98	3.0	3.0	5	5	5	—	—	—	—	—	—	
22	五 条 大 橋 (48.0 km)	0.009	0.019	0.011	0.021	0.007	0.017	0.009	0.020	0.040	0.036	V 0.22 H 0.30	V 0.90 H 0.89	3.25	3.25	5	5	5	—	—	—	—	—	—	
27	泉 田 高 架 橋 (4.7 km)	0.014	0.027	0.014	0.029	0.010	0.024	0.013	0.027	0.105	0.242	V 0.16 H 0.33	V 1.39 H 1.26	3.75	3.75	4	5	5	—	—	—	—	—	—	
30	小 野 川 橋 (7.6 km)	0.011	0.022	0.014	0.028	0.010	0.022	0.011	0.028	0.036	0.071	V 0. H 0.26	V 0.66 H 0.70	4.0	4.0	4	3	4	—	—	—	—	—	—	
35	十 郎 川 橋 (1.8 km)	0.034	0.049	0.038	0.054	0.027	0.049	0.045	0.054	0.159	0.032	V 0.52 H 0.65	V 0.24 H 0.23	4.25	4.0 (*)	5	2	2	—	—	—	—	—	—	

- 注 1) 腐食減量は、鋼種Aと鋼種Bを比較した。
 2) その他の項目は、鋼種Bについてのみ評価した。
 3) *印は、その試験片に層状剥離あり。
 (*)印は、他の試験片に層状剥離あり。

あ と が き

耐候性鋼材の全国暴露試験は、建設省各地方建設局、北海道開発局、沖縄総合事務局の協力を得て実施しているものであり、現在までの担当者は次の通りである。この場をかりて、関係各位に感謝するとともに、引き続き御協力をお願いする次第である。

北海道開発局	札幌新道建設事務所	三 浦 智	(56. 4 ~ 59. 3)
"	札幌道路事務所	切 石 堯	(56. 4 ~ 59. 2)
"	"	東海林 繁	(56. 4 ~ 59. 6)
"	"	難波江 完 三	(59. 3 ~ 60. 6)
"	"	熊 谷 宏 之	(60. 7 ~)
"	室蘭道路事務所	高 木 実	(56. 4 ~ 59. 3)
"	"	池 田 憲 二	(59. 4 ~ 61. 3)
建設省	仙台工事事務所	佐 藤 誠 孝	(56. 4 ~ 58. 6)
"	"	入間川 武	(58. 7 ~ 61. 3)
"	山形工事事務所	渋谷 真 一	(56. 4 ~ 57. 3)
"	"	渡 辺 繁	(57. 4 ~ 58. 3)
"	"	武 田 邦 夫	(58. 4 ~ 61. 3)
"	高崎工事事務所	樫 清一郎	(56. 4 ~ 57. 3)
"	"	茨 木 浩 好	(57. 4 ~ 60. 4)
"	"	安 藤 勇	(60. 5 ~)
"	大宮国道工事事務所	吉 沢 伸 雄	(56. 4 ~ 57. 3)
"	"	大 和 常 男	(57. 4 ~ 59. 8)
"	"	樋 口 啓 次	(59. 9 ~ 60. 1)
"	"	上 原 勉	(60. 2 ~)
"	"	飯 島 均	(56. 4 ~ 59. 3)
"	千葉国道工事事務所	福 島 正 一	(56. 4 ~ 59. 7)
"	"	小山内 徳 雄	(59. 7 ~)
"	横浜国道工事事務所	佐 藤 汎	(56. 4 ~ 59. 3)
"	"	高 野 昭 雄	(59. 4 ~)
"	長岡国道工事事務所	野 崎 彦 造	(56. 4 ~ 61. 3)
"	富山工事事務所	藤 田 和 俊	(56. 4 ~ 57. 3)
"	"	谷 口 英 雄	(57. 4 ~ 59. 3)
"	"	出戸端 久登志	(59. 4 ~ 61. 3)

建	設	省	新潟国道工事事務所	吉 田 絃 一	(56. 4 ~ 57. 11)
"	"	"	"	高 橋 公 夫	(57. 11 ~ 60. 3)
"	"	"	"	武 者 勝 治	(60. 4 ~ 61. 3)
"	"	"	高山国道工事事務所	蓑 島 英 明	(56. 4 ~)
"	"	"	紀勢国道工事事務所	松 井 勝 重	(56. 4 ~ 58. 3)
"	"	"	"	岡 本 一 男	(58. 4 ~ 61. 3)
"	"	"	名古屋国道工事事務所	中 島 駿	(56. 4 ~ 60. 4)
"	"	"	"	堀 内 正 道	(60. 4 ~)
"	"	"	三重工事事務所	加 藤 和 昭	(56. 4 ~ 57. 9)
"	"	"	"	水 守 安 二	(57. 10 ~ 60. 3)
"	"	"	"	西 村 敏 雄	(60. 4 ~)
"	"	"	和歌山工事事務所	岸 田 明 雄	(56. 4 ~ 61. 1)
"	"	"	"	斉 藤 健 男	(61. 1 ~)
"	"	"	滋賀国道工事事務所	山 本 哲 男	(56. 4 ~ 57. 3)
"	"	"	"	谷 口 正 一	(57. 4 ~ 60. 1)
"	"	"	"	中 村 一 敏	(60. 2 ~)
"	"	"	京都国道工事事務所	石 田 健 六	(56. 4 ~ 57. 10)
"	"	"	"	田 中 義 孝	(57. 10 ~ 60. 4)
"	"	"	"	藤 本 竹 志	(60. 4 ~)
"	"	"	大阪国道工事事務所	久 保 幸 男	(56. 4 ~ 59. 3)
"	"	"	"	原 田 太紀男	(59. 4 ~ 61. 3)
"	"	"	鳥取工事事務所	足 本 定 春	(56. 4 ~ 59. 9)
"	"	"	"	加 田 治 久	(59. 9 ~)
"	"	"	浜田工事事務所	小 林 修	(56. 4 ~ 57. 3)
"	"	"	"	田 中 隆 昭	(57. 4 ~)
"	"	"	三次工事事務所	篠 原 知 己	(56. 4 ~ 58. 10)
"	"	"	"	村 上 則 男	(58. 10 ~)
"	"	"	"	鈴 木 秀 章	(56. 4 ~ 58. 3)
"	"	"	"	椋 代 頼 正	(58. 4 ~ 60. 3)
"	"	"	"	平 井 忠 久	(60. 4 ~)
"	"	"	香川工事事務所	大 塚 満 敏	(56. 4 ~ 58. 4)
"	"	"	"	大喜多 孝 雄	(58. 4 ~ 61. 3)
"	"	"	松山工事事務所	楠 目 孝 夫	(56. 4 ~ 59. 3)
"	"	"	"	浜 田 裕 志	(59. 4 ~)
"	"	"	土佐国道工事事務所	片 岡 正 彦	(56. 4 ~ 60. 3)

建設省	土佐国道工事事務所	岡田芳樹	(60. 4 ~)
"	大洲工事事務所	河 渕 久	(56. 4 ~ 58. 3)
"	"	西 森 豊 昌	(58. 4 ~ 60. 3)
"	"	片 岡 浩 史	(58. 4 ~ 60. 3)
"	"	伊 藤 友 喜	(60. 4 ~)
"	宮崎工事事務所	平 木 香	(56. 4 ~)
"	大分工事事務所	後 田 勇	(56. 4 ~ 59. 4)
"	"	江 藤 紀 文	(59. 4 ~)
"	福岡国道工事事務所	諸 方 良 一	(56. 4 ~ 60. 3)
"	"	米 原 利 幸	(60. 4 ~)
"	北九州国道工事事務所	浅 田 敏 光	(56. 4 ~)
沖縄総合事務局	北部国道事務所	五十川 俊 一	(56. 4 ~ 58. 3)
"	"	村 元 悟	(58. 4 ~ 59. 3)
"	"	鈴 木 徹	(59. 4 ~ 61. 3)
"	南部国道事務所	渡 辺 良 夫	(56. 4 ~ 59. 3)
"	"	仲 松 徳 修	(56. 4 ~ 60. 3)
"	"	須 田 義 男	(59. 4 ~ 61. 3)
建設省	北陸技術事務所	本 田 宣 史	(59. 4 ~)
"	"	富 田 叔 昌	(59. 4 ~)
"	"	蓑 和 保 男	(57. 10 ~ 60. 4)
"	"	森 田 義 昭	(60. 4 ~)
"	信濃川下流工事事務所 関屋出張所	白 倉 与志司	(59. 4 ~ 60. 8)
"	"	本 田 武	(60. 8 ~)
"	"	石 田 求	(59. 4 ~ 60. 10)
"	"	比 企 正 行	(60. 10 ~)

この共同研究を実施している建設省土木研究所、(社)鋼材倶楽部、(社)日本橋梁建設協会の担当者は次の通りである。

建設省土木研究所	橋梁研究室	佐 伯 彰 一	(56. 4 ~ 60. 4)
"	"	篠 原 洋 司	(60. 5 ~ 61. 6) ○
"	"	藤 原 稔	(61. 7 ~) ○
"	"	金 井 道 夫*	(56. 4 ~ 58. 4)
"	"	西 川 和 廣*	(57. 4 ~ 62. 3) ○
"	"	村 越 潤*	(62. 4 ~) ○

建設省土木研究所	橋梁研究室	大塩俊雄*	(56. 4 ~ 58. 4)
"	"	佐藤和徳*	(58. 4 ~ 60. 3)
"	"	田中良樹*	(60. 4 ~) ○
"	化学研究室	森芳徳*	(56. 4 ~ 60. 3)
"	"	片脇清*	(56. 4 ~) ○
"	"	西崎到*	(60. 4 ~ 61. 3)
"	"	守屋進*	(61. 4 ~)
(社)日本橋梁建設協会		長谷川錦一	(56. 4 ~) ○
"		菅野照造	(57. 4 ~ 62. 3)
"		下瀬健雄	(56. 4 ~) ○
"		庄司吉弘	(56. 4 ~) ○
"		長尾美廣	(60. 4 ~) ○
"		矢野久元*	(56. 4 ~ 63. 3) ○
"		川村友見*	(63. 4 ~) ○
(社)鋼材倶楽部		小島久次郎	(56. 4 ~ 57. 4)
"		荒木桂蔵	(56. 4 ~ 60. 6)
"		岡田道夫	(60. 7 ~ 63. 5)
"		中条行雄	(63. 6 ~)
"		清水健次	(56. 4 ~)
"		井上昭彦	(56. 4 ~ 59. 7)
"		三浦正美	(56. 4 ~)
"		木村京次	(57. 4 ~ 59. 12)
"		佐藤一郎	(60. 4 ~)
"		久野忠一*	(56. 4 ~) ○
"		桑辺行正*	(56. 4 ~) ○
"		鳥井康司*	(56. 4 ~ 61. 3)
"		松島巖*	(56. 4 ~)
"		三浦尚人*	(56. 4 ~ 59. 3)
"		渡辺常安*	(56. 4 ~ 59. 3)
"		石沢隆生	(56. 4 ~ 57. 3)
"		福原幸雄	(58. 4 ~ 62. 3)
"		佐伯迪昭	(59. 4 ~ 62. 3)
"		田中明広	(56. 4 ~ 61. 3)
"		平部謙二	(61. 4 ~ 63. 3)
"		八子一了	(63. 4 ~)

(社) 鋼 材 倶 楽 部	三 上 尚 人*	(56. 4 ~)
”	石 岡 千 里*	(62. 4 ~)
”	別 所 清	(62. 4 ~)

注) * 印は「さび分析幹事会」幹事, ○印は「耐候性橋梁幹事会」幹事を示す。

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会委員名簿

(50音順)

委員長・伊藤 学(56. 4~)		
委員・秋吉 忠(59. 4~)	委員 浅沼秀弥(58. 12~60. 3)	委員・阿部英彦(56. 4~)
" 荒木桂蔵(57. 4~60. 7)	" 池田 甫(56. 4~58. 7)	" 石橋隆夫(56. 4~57. 3)
" 石橋正穂(56. 4~57. 6)	" 稲垣浩司(56. 4~57. 7)	" ・岩城正彦(60. 10~)
" ・岩崎孝人(58. 10~)	" 岩 永 寛(56. 4~57. 8)	" 大島喜三郎(57. 12~60. 8)
" ・大橋義彦(59. 4~)	" ・岡田道夫(60. 7~)	" 尾形 望(58. 4~60. 6)
" 奥川淳志(56. 4~58. 3)	" ・柏原荘助(60. 8~)	" ・片脇 清(56. 4~)
" ・桂樹正隆(60. 4~)	" 加納研之助(57. 4~59. 6)	" 河井章妙(56. 4~59. 3)
" ・熊谷勝弘(58. 2~)	" 熊谷慎一郎(57. 7~59. 3)	" ・久野忠一(56. 4~)
" 窪田一夫(56. 4~57. 7)	" ・桑辺行正(56. 4~)	" 小島久次郎(57. 4~59. 4)
" 佐伯彰一(56. 4~60. 4)	" ・佐伯迪昭(59. 4~)	" 敷地節男(56. 4~56. 12)
" ・篠原洋司(60. 5~)	" ・下瀬健雄(56. 4~)	" ・庄司吉弘(56. 4~)
" 末田一好(57. 8~59. 6)	" ・菅野照造(57. 4~)	" 須田公男(56. 4~57. 8)
" 竹内治夫(56. 4~58. 10)	" 武田宣正(56. 4~57. 1)	" ・竹蒔 昇(59. 4~)
" 田崎忠行(57. 12~59. 10)	" ・巽 義則(60. 6~)	" ・多田浩彦(59. 4~)
" 立花重行(56. 4~59. 4)	" ・谷田博昭(60. 11~)	" 田中明広(57. 8~60. 11)
" 田中淳之(58. 4~60. 6)	" 田中柳之助(56. 4~59. 3)	" 田村康一(57. 1~57. 8)
" 徳良賢一(56. 4~57. 7)	" ・鳥井康司(56. 4~)	" 中岡智信(56. 4~57. 12)
" ・中島英治(58. 7~)	" 中山泰宏(57. 7~59. 4)	" 成田信之(56. 4~58. 1)
" ・長谷川鏐一(56. 4~)	" 板東幸男(56. 4~57. 12)	" ・平部謙二(60. 12~)
" ・福原幸雄(58. 4~)	" 藤原 稔(56. 4~57. 3)	" 星野 満(57. 4~58. 11)
" 堀 繁(57. 10~60. 4)	" ・本田宣史(58. 8~)	" ・蒔田 実(56. 4~)
" ・松島 厳(56. 4~)	" ・丸山幹雄(59. 7~)	" 三浦一良(56. 7~59. 3)
" ・三上尚人(56. 4~)	" ・三木千寿(57. 1~)	" ・三橋晃司(59. 10~)
" 宮川満洲男(58. 10~59. 12)	" ・武藤和宏(59. 4~)	" 村岡憲司(56. 4~57. 3)
" 村上己里(58. 1~59. 4)	" ・森 芳徳(56. 4~)	" 矢作 枢(57. 8~59. 10)
" ・柳田 力(59. 4~)	" ・山川健蔵(60. 4~)	" ・山口浩二(60. 7~)
" 山地 武(56. 12~59. 10)	" ・山本善行(59. 6~)	" 山田 滋(59. 12~60. 10)
" 湯川和男(56. 4~57. 6)	" 吉岡洋二(56. 4~58. 3)	" 渡辺常安(57. 8~58. 10)
幹事 大塩俊雄(56. 4~58. 4)	幹事 片脇 清(56. 4~60. 3)	幹事 金井道夫(56. 4~58. 4)
" 佐藤和徳(58. 4~60. 3)	" ・佐藤政勝(56. 4~)	" ・田中良樹(60. 4~)
" ・西川和廣(57. 4~)	" ・矢野久元(56. 4~)	
事務局・荒居 昇(56. 4~)		

・印は昭61. 3月現在の委員

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会名簿

昭和63年1月現在

委員長	伊 藤 学	東京大学工学部土木工学科 教授
委 員	阿 部 英 彦	宇都宮大学工学部 教授
"	三 木 千 寿	東京工業大学工学部土木工学科 助教授
"	杉 岡 博 史	北海道開発局建設部道路建設課 課長補佐
"	瀬 戸 馨	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	毛 戸 秀 幸	日本道路公団技術部構造技術課長
"	山 内 博	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	松 村 駿一郎	阪神高速道路公団神戸建設部長
"	多 田 和 夫	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	谷 口 博 昭	道路局国道第一課課長補佐
"	西 川 和 廣	道路局国道第二課課長補佐
"	菅 原 信 二	道路局地方道課課長補佐
"	佐々木 爽 春	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	池 田 実	関東 "
"	松 橋 省	北陸 "
"	小 穴 博 保	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	岩 城 正 彦	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	古 田 勇	近畿 "
"	木 下 良 治	中国 "
"	藤 原 栄吉郎	九州 "
"	桑 原 啓 三	土木研究所地質化学部長
"	篠 原 洋 司	" 構造橋梁部長
"	片 脇 清	" 地質化学部化学研究室長
"	守 屋 進	" 地質化学部化学研究室研究員
"	藤 原 稔	" 構造橋梁部橋梁研究室長
"	村 越 潤	" 構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田 中 良 樹	" 構造橋梁部橋梁研究室
"	長谷川 錦 一	欄横河橋梁製作所 常務取締役
"	下 瀬 健 雄	石川島播磨重工業欄橋梁管理部部長
"	庄 司 吉 弘	日本鋼管欄鋼構造建設部橋梁設計室課長
"	桑 辺 行 正	新日本製鉄欄厚板技術部厚板技術サービス室部長代理
"	平 部 謙 二	日本鋼管欄商品技術センター鋼材技術部

委員	松島 巖	日本鋼管㈱技術開発本部企画部主任部員部長
〃	別所 清	住友金属工業㈱鋼板技術部専門部長
〃	三上 尚人	住友金属工業㈱総合技術研究所鉄鋼研究センター
〃	久野 忠一	川崎製鉄㈱鉄鋼技術本部鋼材技術部主査課長
〃	岡田 道夫	㈱鋼材倶楽部市場開発部長
〃	柳田 力	㈱土木研究センター常務理事
〃	佐藤 政勝	川崎製鉄㈱研究開発センター設計研究室課長
〃	矢野 久元	㈱横河橋梁製作所設計部 課長
事務局	荒居 昇	㈱土木研究センター事務局長

さび分析に関する調査要領

1. 暴露試験片外観写真撮影方法	83
2. 暴露試験片の外観調査方法	85
3. フェロキシル試験方法	87
4. 腐食量測定方法	88
5. 暴露試験片表面あらさの測定方法	90
6. 偏光顕微鏡によるさび層の断面観察方法	91
7. E P M Aによるさび層の断面分析方法	92
8. さびの化学分析方法	94
9. 除錆試験片表面あらさの測定方法	96

1. 暴露試験片外観写真撮影方法

1.1 概 要

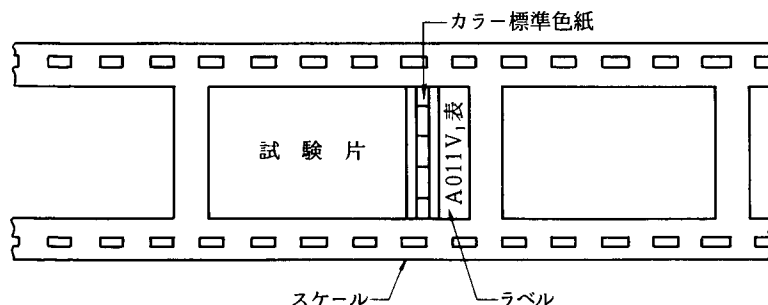
この方法は、暴露試験地点より取り外した試験片を屋内で撮影するときに適用する。

1.2 使用機器、材料

- (1) カ メ ラ : 35 mm 自動露出計, レリーズ付
- (2) レ ン ズ : マクロレンズ (55 mm)
- (3) 撮 影 架 台 : カメラと被写体の位置が固定できるもの
- (4) 照 明 装 置 : カラー用電球 100 V 500 W 4 個
(例 リフレクターフラット PRF)
- (5) 試験片ホルダー : 試験片バックをツヤ消し緑色とし, 平面板
- (6) カラー標準色紙 : Eastman Kodak Company 製
- (7) 試験片ラベル : 素地がコバルト色, 文字は
- (8) 使用フィルム : コダカラー II (ASA 100 , ディライト用) 36 枚どり
コダクローム (ASA 64 , 太陽光用) 36 枚どり

1.3 撮影条件

(1) 構 図



35 mm のフィルムにはほぼ一杯の大きさに撮影する。

(2) 照 明

カラー用電球 4 個を用いて、試験片の周囲に照明の焦点がくるように電球を配し、試験片の影が生じないように調整する。

(3) シャッタースピード

自動露出計により露出条件を確認の上設定する。

写真撮影条件（除せい前試験片）

- 1) 使用カメラ ボディ（ニコンF II フォトミック）
 レンズ（ニッコールマクロ 55 mm）
- 2) シャッター速度（1/30 秒） シボリ 5.6
- 3) 接写用撮影架台使用，カメラと被写体との距離約 50 cm
- 4) 照明装置はカラー用電球 100 V 500 W 4 個
- 5) 試験片ホルダーはバックはブルー，刻印番号は白ヌキ数字
- 6) カラー標準紙は Eastman Kodak Company 製
- 7) 使用フィルム コダカラー II（ASA 100，デイトライト用）36 枚どり

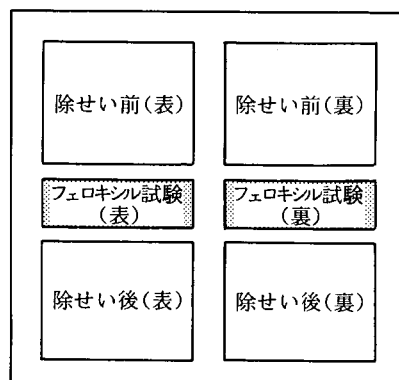
1.4 写真撮影条件（除せい後試験片）

- 1) 使用カメラ ボディ（ニコンF II フォトミック）
 レンズ（ニッコールマクロ 55 mm）
- 2) シャッター速度（1/60 秒） シボリ 5.6
- 3) 接写用撮影架台使用，カメラと被写体との距離約 50 cm
- 4) 照明装置は電球 100 V 500 W 4 個使用
- 5) 試験片ホルダー 前記と同一
- 6) 使用フィルム 富士フィルム白黒 36 枚どり

1.5 写真の整理

A 4 の台紙に右図のように除せい前後の写真を貼り，その
中間にフェロキシル試験紙をはりつける。

写真のはりつけは，両面テープを用いる。



2. 暴露試験片の外観調査方法

室内へ搬入直後（できるだけ早い機会に）、さびの状況が変化しないうちに、次の項目について外観調査を行う。

外観調査項目	① さびの色調
	② さびの粗密
	③ さびの色むら
	④ セロテープによるさび剥離
	⑤ さび安定化の程度

2.1 さびの色調

評 点	試 験 片 表 面 の 外 観
5	さびの色は濃いかっ色である。
4	さびの色は濃い色で赤紫色がかっている。
3	さびの色はかっ色である。
2	さびの色はうすいかっ色である。
1	特異な色をしている。

2.2 さびの粗密

評 点	試 験 片 表 面 の 外 観
5	全体に細かいさびが全面を均一におおっている。
4	ほぼ均一なさびであるが、粒状の斑点がある。
3	さびは密であるが、部分的に綿くずのような白むらがある。
2	全体にあらいさびである。
1	特異なさびの様相である。

2.3 さびの色むら

評 点	試 験 片 表 面 の 外 観
3	さびは均一であり、ほとんど色むらが無い。
2	色むらが若干あり、黄色さびなどが出ている。
1	色むらが顕著である。

2.4 セロテープによるさび剥離試験

セロファンテープ 住友スリーエム株式会社製，メンディングテープ 810

18 mm × 30 m

を使用して試験片表面に貼付した後，テープをひきおこすようにしてはがし，テープについているさび付着状況を観察した。

評 点	テ ー プ 付 着 物
3	細かなうきさびだけでさび剥離量が少ない。
2	さび剥離量がやや多い。
1	大きなうきさびがあり，さび剥離量が多い。

2.5 さび安定化の程度

評 点	試 験 片 表 面 の 外 観
4	もっともさび安定化がすすんでいる。
3	さび安定化がすすんでいる。
2	さび安定化がおくれている。
1	もっともさび安定化がおくれている。

3. フェロキシル試験方法（JIS H 8617 準拠）

3.1 概 要

さび層の安定化の程度は、さび層の緻密さに相関している。

このフェロキシル試験は、さび層のピンホールを通して試験液が地鉄と反応し、青色斑点を呈するのを利用するものである。

この呈色数や斑点の大・小をチェックし、耐候性鋼材表面のさび層の安定度を評価する。

3.2 試 験 液

試験液は 1 l ガラス容器に純水（電気抵抗が $50 \times 10^4 \Omega \text{cm}$ 以上のものを用いる）を 700 ml 入れる。次いで、フェロシアン化カリウム（試薬特級）10 g，フェリシアン化カリウム（試薬特級）10 g，塩化ナトリウム（試薬特級）60 g を順次溶解させた後、全量を純水で 1000 ml とする。

3.3 試験方法

1. 試験片の浮さびや付着さびをナイロンブラシで軽く清浄した後、エチルアルコールをガーゼに含ませ、チェック部分を軽く清浄し、鋼表面の付着物を完全に除去する。
2. 試験面にフェロキシル液を含ませた定性ろ紙（8 cm × 8 cm）を、試験片に貼付する。この時にチェック部分に気泡が出来ないように小さな刷毛で上から押える。
3. 試験時間は 7 分とする。

3.4 評価方法

フェロキシル試験による青色斑点は、さび層の緻密さの大小に比例する。安定したさび層ほど、青色斑点が小さく数が少ない。

フェロキシル試験結果とさび層の安定化状況との相関については、未だ確立したものがないので、ここでは、フェロキシル試験結果の判定、評価方法は、次の評点を定め評価した。

評 点	観 察 結 果	備 考
1	さび層の剥離で対象外	観察対象外
2	斑点，多数あり，多い。	4 分 類 評 価
3	同上よりやや小さく，少ない。	
4	同上よりやや小さく，少ない。	
5	最も青色斑点の少ないもの。	

4. 腐食量測定方法

4.1 概 要

暴露後の試験片を除錆処理した後に重量を測定し腐食量を求める。

4.2 除錆処理と秤量

(1) 除錆処理

クエン酸二アンモニウム精製水溶液 10 wt %中にインヒビター（住友化学製イビット#560）を0.3 %添加し、2 l 容器中に試験片2枚、液温 $90^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ で処理を行う。

(2) ブランク試験

暴露前保存用予備試験片を使い、10分、20分、30分の3段階でブランク試験を行う。

(3) 除錆処理後の試験片後処理

水道水による水洗い、次に純水に10秒程度浸漬し、ガーゼで拭き取り乾燥させる。

(4) 秤 量

1) 室温まで冷却後 0.01 mg まで秤量する。

2) 秤量後の防錆包装は気化性防錆袋、ポリエチレン袋の2重包装を行う。

4.3 重量測定結果の表示方法

(1) 内 容

指定用紙に項目別数値を記入する。

- | | |
|----------------------------------|---|
| 1) 試験片 No | |
| 2) 暴露年数 | I |
| 3) 初期重量 (g) | A |
| 4) 防錆後重量 (g) | B |
| 5) 除錆処理時間 (分) | |
| 6) ブランク減量 (g) | C |
| 7) 腐食重量減少 (g) | D |
| 8) 各試験片表面積 (cm^2) | E |
| 9) 腐食量 mg/cm^2 | F |
| 10) 平均板厚減少量 (mm) | G |
| 11) 腐食速度 mm/year | H |
| 12) 普通鋼との比 (100 に対し) | |

(2) 計 算 式

腐食重量減少(D)、腐食量(F)、平均板厚減少量(G)、腐食速度(H)の計算式は以下の通りである。

$$D = A - (B - C)$$

$$F = D \div E \times 10^3$$

$$G = F \div \rho \div 10, \quad \rho = 7.85$$

$$H = G \div I$$

5. 暴露試験片表面あらさの測定方法

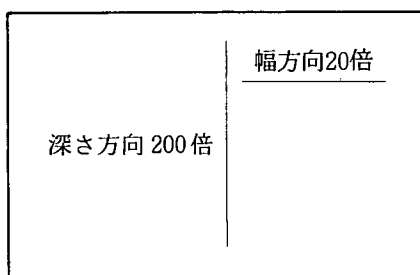
5.1 概 要

暴露後の試験片の表面あらさの変化を測定する。

5.2 測定機種

触針式（小坂式 SE-4A）

5.3 チャート測定倍率



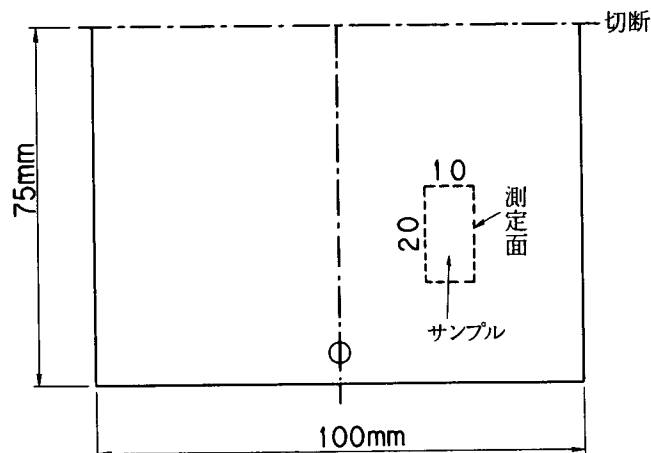
6. 偏光顕微鏡によるさび層の断面観察方法

6.1 概 要

偏光顕微鏡を用いて、さび層の断面を観察し、非偏光層の状況から、安定さびの形成を評価する。

6.2 試験片よりサンプルの採取

試験片を切断し、供試材を採取する。



6.3 使用機器

- エメリー・ペーパー研磨 : BUEHLER社製 AUTO MET
- バフ研磨 : 神鋼電機製 振動研磨機
琢磨用アルミナ (丸本工業製 No. 2000)
- カラー写真撮影 : ユニオン光学製 Varsamet
UNION 5069 (カメラつき)
(カラーフィルム, フジカラー F II ASA 100)
- 埋め込み : 笠井商工製 AERO PRESS
〔熱硬化性樹脂 (丸本工業製) を使用〕

6.4 方 法

- ① 8t×10×20mmのサンプルをアルミはくで包み、さびが脱落しないようにする。
- ② アルミはくで包んだサンプルを1インチ径の熱硬化性樹脂に埋込む (樹脂硬化条件 120～140℃, 3～5分, 1～3気圧)。
- ③ エメリーペーパー (＃250から順次＃1500まで) で研磨後、バフ研磨を行う。
バフ研磨時の研磨剤には、アルミナを使用する。
- ④ 偏光顕微鏡でサンプルの断面を観察し、あわせてカラー写真撮影を行う。

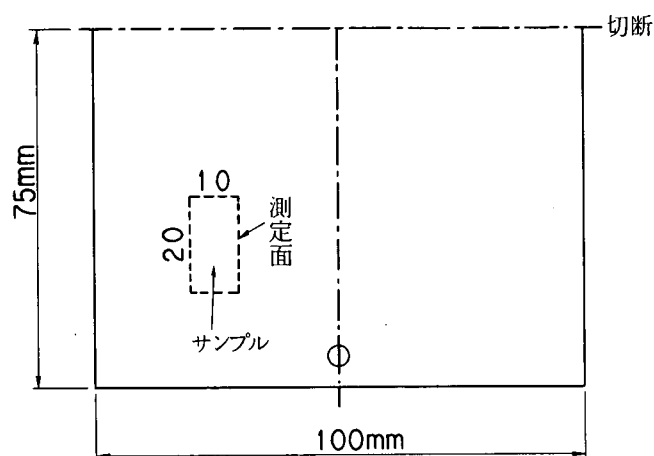
7. EPMAによるさび層の断面観察方法

7.1 概 要

EPMA (Electron Probe Micro Analyzer) を用い、さび層断面の元素の濃縮度を測定し、安定さび生成判断の参考とする。

7.2 試験片よりサンプルの採取

試験片を切断し、サンプルを採取する。



7.3 方 法

(1) サンプル採取

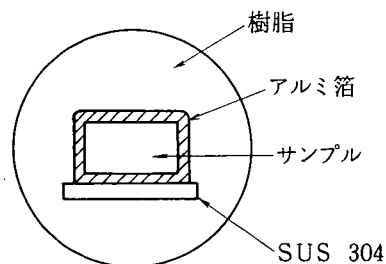
試験片より $8\text{ t} \times 10 \times 20\text{ mm}$ のサンプルを採取し、表裏が判別できるように右上角を研削する。

なお、切断にあたっては油などつけない。

- ① 切り取り位置：水平材は番号のない下面
垂直材は番号のある内面 } を切り取る

② 樹脂埋込み及び研磨

サンプルをアルミ箔で包み、SUS 304 呂をつけて埋め込み、アルミナ研磨する。



(2) 樹脂埋め込み 熱硬化性樹脂を使用

(3) 研 磨 エメリーペーパーで研磨後、バフ研磨を行う

(4) 測定条件

イ) 装 置：島津 EMX - SM 6 型

ロ) 測定条件

- ① 面 分 析 15 kV 0.03 μA 試 料 速 度：50 $\mu\text{m}/\text{min}$
② 線 分 析 15 kV 0.1 μA チャード速度：50 $\mu\text{m}/\text{min}$

(5) 測 定

イ) 測定元素 (6 元素)

Cr, Ni, Cu, P, S, Cl

ロ) 測定位置

さび層と地鉄の境界を測定する。

ハ) 測定倍率

測定倍率 1000 倍で面及び線分析を行う。

ニ) 記 録

写真 (面分析), チャート (線分析)

8. さびの化学分析方法

8.1 概 要

さび中に含まれる化学成分のうち、腐食因子である塩素 (Cl) および硫黄 (S) の量を測定する。これらの部分は、環境の腐食性の指標となる。なお、あわせてさびの量を求めるために全鉄量 (Fe) を測定する。

8.2 試 料

試験片をクエン酸二アンモニウム溶液で脱錆処理し、脱せい後の試験片を取除く。その溶液をポリエチレンびんに入れたものを、試料とする。

8.3 分析方法

(1) 前 処 理

試料を遠心分離またはろ過により、溶液と固型物とに分離する。固型物は水で洗浄し、その洗液は溶液に加える。固型物を乾燥させ、その重量を測定したのち粉碎する。溶液に水を加えて基準体積とする。

(2) 固型物の分析

1) Fe

固型物の一定量を分取し、JIS M 8212「鉄鉱石中の全鉄定量方法」中の「三塩化チタン還元重クロム酸カリウム適定法」により、Feを定量する。

結果の表示は、全固型物中のFe量 (g) で表わす。

2) S

固型物の一定量を分取し、JIS M 8127「鉄鉱石中のいおう定量方法」中の「熱分解よう素酸カリウム適定法」により、Sを定量する。

結果の表示は、全固型物中のS量 (mg) で表わす^(注)。

(注) 試料中にClが無視できない量ふくまれるときは、脱塩素管をつけ、脱塩素処理を行う。

3) Cl

固型物の一定量をアルミナるつぼにはかりとり、過酸化ナトリウムを加えて、低温で溶融する。この融成物を、水で抽出し、ろ過洗浄したのち、ろ液+洗液を硝酸で中和する。この溶液について硝酸銀滴定法またはチオシアン酸第二水銀吸光光度法によりClを定量する。結果の表示は、全固型物中のCl量 (mg) で表わす。

8.4 溶液の分析

(1) Fe

溶液の一定量を分取し、塩酸を加えて加熱後冷却し、定量とする。この溶液を原子吸光光度法または ICP 発光分光分析法により Fe を定量する。

結果の表示は、全溶液中の Fe 量 (g) で表わす。

(2) S

溶液の一定量を分取し、過酸化水素水を加えて、加熱する。この溶液中の S の定量は、硫酸バリウム重量法または比濁法で行う。

結果の表示は、全溶液中の S 量 (mg) で表わす。

(3) Cl

溶液の一定量を分取し、硝酸銀滴定法またはチオシアン酸第二水銀法により、Cl を定量する。

結果の表示は、全溶液中の Cl 量 (mg) で表わす。

(4) 結果の表示

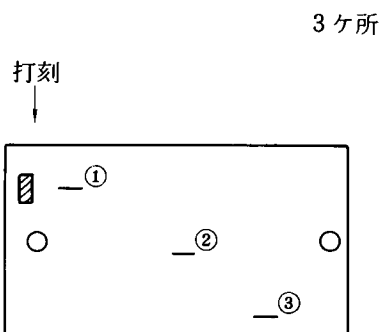
分析結果の表示は、各成分ごとに固型物、溶液の各々で定量した量の合計で表わす。

9. 除錆試験片表面あらさの測定方法

9.1 概 要

除錆後の試験片の表面あらさの変化を測定する。

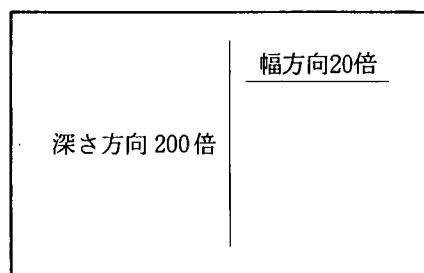
9.2 試験板測定位置



9.3 測定機器

小坂触針式粗さ計（サーフコーダー SE-40D）

9.4 チャート測定倍率



耐候性鋼材の橋梁への適用に関する

共同研究報告書(V)

—暴露試験片の第二回化学分析調査結果—

共同研究報告書第9号

昭和63年1月 (1988)

建設省土木研究所

(社)鋼材倶楽部

(社)日本橋梁建設協会

要 旨

耐候性鋼材は、橋梁に適切に用いることによって初期投資、維持管理の両面で経済性に富むことが知られているが、その適用方法についてはまだ明確にされていない。本共同研究はこれらの点を明らかにして、耐候性鋼材を橋梁に適用するための設計・施工要領を作成することを目的としており、長期的な全国暴露試験を含む各種検討を昭和56年度より11か年間の計画で実施している。本報告書は、その共同研究の中間報告として全国暴露試験の第二回(暴露3年目)化学分析調査の結果をとりまとめたものである。

キーワード：橋梁，耐候性鋼材，暴露試験

郵便はがき

305-□□

40円切手
をはいて
下さい

建設省土木研究所

橋梁研究室 御中

茨城県つくば市大字旭一番地

018
No.

No. 018

配布先氏名

配布先住所



土木研究所共同研究報告書第 9 号

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印

土木研究所共同研究報告書第 9 号

