

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する 共同研究報告書(XVI)

— 暴露試験片の疲労試験結果 —



平成4年3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 © (1992) 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(XVI)

— 暴露試験片の疲労試験結果 —

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

本共同研究では、耐候性鋼を無塗装で使用する無塗装耐候性橋梁の適用可能な環境条件や設計、施工及び維持管理上注意すべき事項を明らかにするため、耐候性鋼の小型試験片による全国暴露試験を中心とした各種検討を、昭和56年度より11箇年の計画で実施している。昭和60年度には、3年間の暴露試験結果をもとに、「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」(昭和61年3月)を作成している。

本報告は、8年間暴露した大型暴露試験体から加工したリブ十字溶接継手試験体および母材試験体の疲労試験結果について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、リブ十字溶接継手、母材、疲労強度

ま え が き

本共同研究では、耐候性鋼を無塗装で使用する無塗装耐候性橋梁の適用可能な環境条件や設計、施工及び維持管理上注意すべき事項を明らかにするため、耐候性鋼の小型試験片による全国暴露試験を中心とした各種検討を昭和56年度より11箇年の計画で実施している。昭和60年度には、3年間の暴露試験結果をもとに、「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領（案）」（昭和61.3）を作成している。

耐候性鋼母材を大気中に暴露した場合、さびによる表面粗さの増加により応力集中が生じ、それに伴いさびが生じる前と比較して疲労強度が低くなることが報告されている¹⁾⁵⁾。ただし、溶接継手を多く含む橋梁では、橋梁部材としての疲労強度は部材中の溶接部の疲労強度によって支配されることから、相対的に疲労強度の高い母材部については通常疲労は問題とならない。したがって、母材に関して言えば、暴露した平滑材の疲労強度が溶接継手の疲労強度よりも低くなる可能性があるかどうかを確認することが無塗装耐候性鋼の疲労を考えるうえで重要な点といえる。一方、リブ十字継手等の溶接継手の場合には、疲労強度は①溶接ビードの形状寸法に依存する局所的な応力集中と、②継手全体の力の流れの不連続性に依存する構造的な応力集中（ホットスポットストレスに対応）の影響を受ける¹⁾⁶⁾が、さびが疲労強度にどの程度影響を及ぼすのか把握しておく必要がある。

また、無塗装耐候性橋梁の設計上重要な点は、耐候性鋼を適用可能地域で用いた場合に鋼材表面に生じるさびによる疲労強度の低下がどの程度であり、一般の塗装橋梁と比較して疲労への特別な配慮が必要かどうかということである。

本報告では、以上の点を踏まえて8年間暴露した耐候性鋼リブ十字継手および母材を対象に疲労試験を実施し、主に①腐食が各継手の疲労強度に及ぼす影響、②さびの生じていない普通鋼の同一継手の疲労強度との違いについてとりまとめたものである。

建設省土木研究所

(社)鋼材倶楽部

(社)日本橋梁建設協会

目 次

まえがき

1. 共同研究の全体計画	1
2. 大気暴露したリブ十字溶接継手試験体の疲労強度に関する検討	2
2.1 試験体の概要	2
(1) 箱型暴露試験体の暴露状況	2
1) 暴露地点	2
2) 腐食状況	2
(2) 試験体の加工方法および寸法形状	2
2.2 静的載荷試験結果	3
(1) 試験方法	3
(2) 試験結果	3
2.3 疲労試験結果	3
(1) 試験方法	3
(2) 試験結果	4
1) 亀裂発生状況	4
2) 疲労強度	4
3) 既存の疲労試験結果との比較	4
4) ビーチマーク試験結果	5
2.4 溶接止端部形状の測定結果	5
(1) 測定方法	5
(2) 測定に用いた試験体採取位置	5
(3) 測定結果	5
(4) 溶接止端部の応力集中	6
3. 大気暴露した母材試験体の疲労強度に関する検討	7
3.1 試験体の概要	7
(1) 試験体の暴露状況	7
(2) 試験体の加工方法および寸法形状	7
3.2 静的載荷試験結果	7
(1) 試験方法	7
(2) 試験結果	8
(3) R部の応力集中率	8

3.3 疲労試験結果	8
(1) 試験方法	8
(2) 試験結果	8
1) 亀裂発生状況	8
2) 疲労強度	9
3) 既存の疲労試験結果との比較	10
3.4 溶接止端部形状の測定結果	10
(1) 測定方法	10
(2) 測定に用いた試験体採取位置	10
(3) 測定結果	10
3.5 母材部表面粗さの測定結果	10
(1) 測定方法	10
(2) 測定に用いた試験体採取位置	11
(3) 測定結果	11
4. まとめ	12
4.1 大気暴露したリブ十字溶接継手試験体の疲労強度	12
4.2 大気暴露した母材試験体の疲労強度	12
参 考 文 献	14
謝 辞	16
耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会の委員名簿	21
耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会の審議経過	30
共同研究担当者名簿	33

1. 共同研究の全体計画

本共同研究では、耐候性橋梁の適用可能地域、設計・施工上の留意点及び維持管理上の留意点を明らかにするため、表－1.1に示す種々の暴露試験を実施している。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示し、表－1.3にその暴露地点の一覧表を示す。これらの暴露試験の中間結果は表－1.6に示すように逐次報告書にとりまとめている。昭和60年度には、3年間の暴露試験の結果をもとに「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領（案）」（昭和61年3月）を作成した。さらにその設計・施工要領（案）を充実させるために、共同研究を継続している。

また、これらの調査研究を進めるにあたり、共同研究の実施機関である建設省土木研究所、(社)鋼材倶楽部及び(社)日本橋梁建設協会の各担当者による耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究連絡会、並びに作業グループとしてさび分析幹事会及び耐候性橋梁幹事会を設置して（図－1.2，表－1.5参照）、調査内容及び調査結果の審議を行っている。さらに、学識経験者、建設省等直轄道路管理者、道路関係四公団の関係者を交えた「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会」を1年に1回程度開催して、年度毎の調査結果の報告、審議、情報交換等を行っている。巻末に「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会」の委員名簿及び第1回～第10回までの審議経過を示す。

2. 大気暴露したリブ十字溶接継手試験体の疲労強度に関する検討

2.1 試験体の概要

(1) 箱型暴露試験体の暴露状況

1) 暴露地点

疲労試験に用いたリブ十字溶接継手試験体は、新潟市に8年間暴露した箱型暴露試験体の下フランジ（東西南北各方向の4辺）部分から切り出したものである。図-2.1に箱型暴露試験体の寸法形状を示す。

表-2.1に箱型暴露試験体の暴露場所3地点と海岸からの距離を示す。箱型暴露試験体は、昭和57年から平成2年までの8年間、北陸地方建設局の技術事務所および出張所庁舎（2～4階建て）の屋上を利用して暴露したものである。今回疲労試験を行ったリブ十字溶接継手試験体を切り出した箱型暴露試験体は、これら3地点のうち海岸から約6kmの新潟国道工事事務所黒埼維持出張所に暴露したものである。箱型暴露試験体は2階建ての建造物の屋上に暴露しており、試験体周辺の風通しは良いものである。

箱型暴露試験体の内部で測定した飛来塩分量は昭和57年10月からの1年間の調査結果によれば、年平均 $0.07\text{mg} \cdot \text{NaCl} / 100\text{cm}^2 / \text{day}$ である。参考として図-2.2に全国暴露試験を実施した41地点の飛来塩分量と暴露9年目の板厚減少量の関係、図-2.3に離岸距離と暴露9年目の板厚減少量の関係を示す。

2) 腐食状況

図-2.4～2.9および写真-2.1～2.3.1に箱型暴露試験体の暴露位置、設置状況を示す。参考として表-2.2に暴露5年目に実施した箱型暴露試験体の観察結果の総括表を、図-2.10にその時の測定点の位置を示す。以下に主な結果をまとめる。

- ① 箱の外面で、絶えず日照降雨に曝される部分（屋根上面全面、ウェブの下フランジ寄りの部分）については3地点ともに粗いさびも層状剥離さびも生じていない。
- ② 逆に、箱桁内面、張出した屋根の下面については粗いさびまたは層状剥離さびが生じている。
- ③ ②に挙げた個所の3地点の腐食状況については、海岸に近い閑屋出張所の試験体が他の2地点の試験体と比較して厳しい傾向にある。
- ④ リブ十字溶接継手試験体を切り出した下フランジ上面の腐食状況については、箱外側では粗いさびも剥離さびも見られないのに対し、箱内側では粗いさびあるいは剥離さびが見られ、箱内側の方が腐食が厳しい傾向にある。なお箱内側の下フランジ上面の腐食は東西南北の各方向について大きな違いは見られない。

(2) 試験体の加工方法および寸法形状

図-2.11にリブ十字溶接継手試験体を切り出した位置を示す。東西南北方向の各下フランジから、北方向14体、南方向14体、東方向13体、西方向13体の計54体を切り出し、そのうち図中の斜線部の試験体（北方向8体、南方向8体、東方向5体、西方向5体の計26体）を用いて疲労試験を行った。

図-2.12にリブ十字溶接継手試験体の寸法形状を示す。鋼種はSMA50Wである。

写真-2.3.2にさびを化学的に除去¹³⁾した試験体1N5およびE6（切り出し位置については図-

2.11参照)の表面状況を示す。なお、これら2体は疲労試験を行っていない試験体である。箱内側と外側ではともに表面に凹凸が見られるが凹凸のつき方が若干異なっている。箱内側では表面に細かな小さな孔があいているが、箱外側では表面全体に凹凸が広がっているように見える。

2.2 静的載荷試験結果

(1) 試験方法

試験には建設省土木研究所 材料構造共同実験棟S棟内にある200/150ton疲労試験機を使用した。載荷方法は図-2.12に示すとおり2点支持2点載荷とし、試験体の溶接止端部に純曲げによる引張応力が作用するように載荷した。静的載荷試験は試験体1体について行い、使用鋼材の保証降伏点(3600kgf/cm²)以下で、溶接部止端付近のひずみの実測値と計算値の比較を行った。図-2.13に静的載荷試験におけるひずみゲージ貼付位置を示す。溶接止端部から約5mmの位置に長さ5mmのひずみゲージを貼付した。

(2) 試験結果

図-2.14にリブ十字溶接継手試験体の静的載荷試験結果を示す。計測位置によりひずみの値はばらついているが、荷重とひずみはほぼ直線関係にある。ひずみは実験値の方が計算値と比較して若干大きい値を示している。

2.3 疲労試験結果

(1) 試験方法

試験には200/150ton疲労試験機および90/60ton疲労試験機を使用した。載荷方法は静的載荷試験と同じである(図-2.15参照)。繰返し速度は8~10Hz(正弦波)とした。試験体2体についてはビーチマーク試験を行った。

図-2.15に疲労試験におけるひずみゲージ貼付位置を示す。溶接止端部から5mm程度の位置に長さ5mmのひずみゲージを貼付し、その2枚のゲージの測定値(平均値)を用いて試験結果を整理した。

なお、溶接継手の溶接止端部近傍では、①溶接ビードの形状寸法に依存する局所的な応力集中と、②継手全体の力の流れの不連続性に依存する構造的な応力集中(ホットスポットストレスに対応)^{10) 11)}が存在する(図-2.16(a)参照)。参考として図2.16(b)に今回の試験体に類似した溶接継手に純曲げ載荷を行った場合の表面応力分布の実測値および2次元有限要素法解析による計算値の例を示す¹²⁾。これによれば、溶接ビードの形状寸法に依存する局所的な応力集中の影響範囲は溶接止端から2mm程度の範囲であり、構造的応力集中の影響の範囲は溶接止端部からせいぜい6mm程度までと考えられる。また、構造的応力集中の程度はこのようなリブ十字型の継手では非常に小さいものと考えられ、今回ゲージを貼付した位置(ゲージの中心が溶接止端から5mm)では、これらの2種類の応力集中の影響はほとんどないものと考えられる。

(2) 試験結果

1) 亀裂発生状況

表－2.3に疲労試験結果を示す。試験体26体のうち、19体に亀裂が発生し、7体には亀裂が発生しなかった。亀裂が発生した19体のうち、13体は溶接止端部から発生し、6体は治具の載荷点付近の母材部から発生した。また13体のうち11体は箱内側の溶接止端部から亀裂が発生した。(治具の載荷点付近の母材部から亀裂が発生した6体については載荷位置と支持位置の間隔が近接していることが影響しているものと考えられ、以下では考察の対象から除いた。)

図－2.17(1)～(4)に亀裂発生位置を示す。また、写真－2.4に試験体の亀裂発生状況例を示す。

2) 疲労強度

以下では、溶接止端部において破断した試験体、および疲労亀裂の発生しなかった試験体(未破断と呼ぶ)に関する疲労試験結果を示す。

図－2.18に計20体(破断13体、未破断7体)の純曲げ載荷疲労試験結果と暴露していない普通鋼の面外曲げを受けるリブ十字溶接継手の疲労強度曲線¹⁰⁾を示す。図中の実験値回帰式 $\sigma_r - Nf$ 線は破断した試験体13体のデータに基づき、次式の回帰式を仮定して求めた。

$$\log Nf = B1 + B2 \log \sigma_r \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

ここで、 Nf (cycles) は試験体が破断するまでの繰返し回数、 σ_r (kg/cm²) は応力範囲である。 $B1$ 、 $B2$ は最小2乗法により求めた。表－2.4に $\sigma_r - Nf$ 線に $B1$ 、 $B2$ の計算結果と回帰式より算定した200万回疲労強度を示す。回帰式から求まる200万回疲労強度は1954 (kg/cm²) であった。この値は文献10) に従い引張荷重を受ける場合の200万回疲労強度に換算すると1563 (kg/cm²) となる。

図中の記号□および■はそれぞれ箱内側および箱外側の溶接止端部からの亀裂発生、破断を示している。純曲げ引張応力が作用する区間において母材部から亀裂の生じた試験体は見られなかった。破断した試験体13体の内11体が腐食が厳しい箱内側の溶接止端部から亀裂が発生しており、箱内外側の腐食程度の違いが疲労強度に影響しているものと考えられる。また、今回の試験結果はさびの生じていない普通鋼のリブ十字溶接継手の疲労強度(平均値曲線)と、同程度である。両者は必ずしも同一寸法形状の継手の疲労強度を比較したものではないので、この図からさびによる強度低下の程度を定量的に示すことはできないが、少なくともさびの生じていない普通鋼のリブ十字溶接継手と同等の疲労強度を有しているものと考えられる。

図－2.19は試験体番号別に疲労強度を示したものである。試験体を切り出した東西南北4方向の違いによる疲労強度の差は特に見られない。

3) 既存の疲労試験結果との比較

表－2.5(1), (2)に暴露した無塗装耐候性鋼のリブ十字溶接継手に関して、今回の疲労試験と既存の疲労試験の試験条件を比較して示す。表からわかるように既存の疲労試験は、すべて母材の両側にリブの付い

た十字型の継手であり、引張り载荷試験を行っている。

図－2.20(1)～(5)にこれらの文献に示される疲労試験結果を σ_r －Nf線図にて示す。また、表－2.4に σ_r －Nf線の回帰式と200万回疲労強度を示す。図－2.20中の点線は既存の試験結果と比較するために、今回の試験結果（“曲げ”に対する実験値回帰式）から推定した引張りに対する疲労強度¹⁰⁾（純曲げを受ける場合の疲労強度の80％）を示している。鋼種、腐食条件、溶接条件等の違いは見られるが、今回疲労試験に用いた暴露試験体の方が腐食条件は厳しいにもかかわらず、既存の試験結果の疲労強度と比較してほぼ同程度か若干高い傾向にある。

4) ビーチマーク試験結果

図－2.21～図－2.22に2試験体について実施したビーチマーク試験の結果を示す。破面には4N3、3S2両試験体ともに溶接止端付近に複数の半楕円形の亀裂が発生している。

図－2.23にビーチマークを観察することによって求めた亀裂の深さaと寿命比 n/N_f の関係を示す。疲労亀裂は破断に至るまでの寿命 N_f の30％程度の時点で深さ0.15～0.3mm程度の亀裂となっていることが確認された。

2.4 溶接止端部形状の測定結果

(1) 測定方法

箱型暴露試験体の下フランジ部から切り出したリブ十字溶接継手試験体のうち、疲労試験を行っていない1N5、1S5試験体について溶接止端部形状の測定を行った。測定箇所は箱外側、内側のすみ肉溶接止端部である。

図－2.24に溶接止端部形状の測定の概略を示す。測定手順は次のとおりである。

- ① さびを化学的に除去¹³⁾した試験体の溶接止端部を、歯型用印象材を用いて型取りする。
- ② 各試験体の箱外側、内側各々溶接止端中央部について型取りしたものを1mm程度の薄片（ここでは各部分52個）に分割する。
- ③ 拡大投影機を用いて10倍に拡大して映しとり、止端半径 ρ については半径0.2mm間隔で、止端角 θ については1°間隔で測定する。

図－2.25に溶接止端部形状の測定例を示す。

(2) 測定に用いた試験体採取位置

前述したように測定に用いた試験体は1N5、1S5試験体である。図－2.26に測定に用いた試験体の切り出し位置を示す。

(3) 測定結果

図－2.27に箱内側と外側の止端形状の測定結果を示す。箱内側の方が外側と比較して、止端付近の溶接部の勾配が多少大きい傾向にある。

ここでは止端半径 ρ に着目して箱外側、内側で測定した52個の ρ の平均値および95%信頼区間（対数正規分布すると仮定）を求めた。図-2.28に北方向および南方向の箱外側、内側の ρ の比較を示す。2試験体とも ρ の平均値は箱外側0.65mm程度、箱内側0.55mm程度である。また、95%信頼区間は箱外側0.53mm～0.81mm程度、箱内側0.46mm～0.65mm程度であり、 ρ の値は箱内側の方が箱外側と比較して小さく、応力集中も高くなっていると考えられる。この結果は疲労試験において内側止端部にて破断しやすい傾向と対応している。

参考として図-2.29に止端角 θ と止端半径 ρ の関係を示す。

(4) 溶接止端部の応力集中

引張荷重下における応力集中がどの程度であるかを把握するために、止端角 θ を45°と仮定して、得られた止端半径 ρ を用いて次のHeywood, 西田の式^{19) 5)}により、応力集中率 K_t を計算した⁴⁾。

$$K_t = 1 + f(\theta) \cdot (\alpha - 1) \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

ただし、 $\alpha = 1 + \left[\frac{1}{2.8 \left(\frac{B}{b} \right) - 2} \cdot \frac{L}{\rho} \right]^{0.65}$

$$f(\theta) = \frac{1 - \exp \{ -0.9 \cdot (B/L)^{1/2} \cdot \theta \}}{1 - \exp \{ -0.45 \cdot (B/L)^{1/2} \cdot \pi \}}$$

ここで、 K_t : 応力集中率、 $B = t/2 + L$ 、 $b = t/2$

L : 脚長 (8mm)、 t : 板厚 (10mm)、 θ : 止端角 (45°)

表-2.6に応力集中率 K_t の結果を示す。最大値、平均値ともに箱内側の方が7%程度応力集中率が高い傾向にある。なお、3.3(2)2)に、母材の板厚減少量と200万回疲労強度の関係を示してあるが、これによると疲労強度は板厚減少量が0.2mmの場合には0.1mmに対し10%程度、1.0mmの場合には35%程低下する。母材と比較して表面粗さに伴う応力集中の影響が小さいリブ十字継手の場合には、同一の板厚減少量に対する疲労強度の低下率はこれらの値よりも小さいものと考えられる。

3. 大気暴露した母材試験体の疲労強度に関する検討

3.1 試験体の概要

(1) 試験体の暴露状況

試験に用いた母材試験体は、図－3.4に示すように溶接継手試験片から切り出して製作したものである。

溶接継手試験片は、全国暴露試験における暴露地点41地点のうち、環境別に選定された10地点と箱型暴露試験体の暴露地点3地点を加えた計13地点で、昭和57年から平成2年までの8年間暴露されたものである。今回の疲労試験では、環境別に選定された10地点のうち9箇所の溶接継手試験片を用いることとした。図－3.1、表－3.1に9地点の概要を示す。

図－3.2、表－3.2に同9箇所の暴露地点の離岸距離と暴露9年目の試験片（疲労試験に用いたものと同一の試験片ではないが同一地点のほぼ同一箇所に暴露したもの）の板厚減少量との関係を示す。離岸距離が短いほど、板厚減少量は多くなる傾向にある。

図－3.3に実橋に暴露された溶接継手試験片の取り付け位置を示す。実橋に暴露された溶接継手試験片の一地点当りの取り付け枚数は8枚である。その内訳は、暴露年数が4、8年、暴露方向が垂直、水平方向、表面仕上げが余盛なし、余盛付きの各2種類となっている。鋼種はすべてSMA50AWである。母材試験体に加工した溶接継手試験片は、図中の表の③の試験片2体（水平、垂直）である。

(2) 試験体の加工方法および寸法形状

図－3.4に母材試験体の切り出し位置を示す。図－3.5に母材試験体の寸法形状を示す。溶接継手試験片1体から母材試験体2体と溶接部試験体1体を切り出した。なお、当初は溶接ビードに直角方向に試験体を切り出し、突合せ継手としての疲労強度を調べることを考えていたが、溶接ビードが完全溶け込み溶接でないことから母材部のみの疲労強度を検討し、溶接ビード部分については腐食状況の観察に利用することとした。

切り出した試験体の内訳は母材試験体36体（9箇所×2方向×2体）、溶接部試験体18体である。

3.2 静的載荷試験結果

(1) 試験方法

静的載荷試験は建設省土木研究所 材料構造共同実験棟S棟内にある90/60ton疲労試験機、所内RC棟内にある疲労腐食試験装置（最大動的荷重 $\pm 10\text{ton}$ ，最大ストローク $\pm 75\text{mm}$ ）を使用した。載荷方法は図－3.5に示すとおり引張載荷とした。写真－3.1(1)，(2)に試験状況を示す。静的載荷試験は03V1，24V2，11V2試験体の3体について行った。暴露地点3は板厚減少量が少ない地点、暴露地点24は多い地点である。

図－3.6にひずみゲージ貼付位置を示す。長さ2mmのひずみゲージを用いた。1体については試験体R部の応力集中の程度を測定するために、R部にゲージを貼付した。

(2) 試験結果

図－3.7(1), (2), (3)に試験体03V 1、24V 2 および11V 2 の荷重とひずみの関係を示す。図中の実線は計算値（実測断面積と載荷荷重から求めた値）を示している。実測ひずみは計算値と比較して若干小さいものの板厚が変化してもほぼ対応していることがわかる。ここで実測断面積は実験の制約上さびを完全に落さない状態で測定した値であり、有効な断面積はこの値より若干小さいものと考えられる。以上の点を踏まえれば、疲労試験結果は実測ひずみを用いて整理した方が良いと考えられ、以下の疲労試験結果の整理ではひずみゲージの値を用いて整理することにした。

図－3.8(1), (2)に荷重とR部のひずみの関係を示す。図－3.9に試験体R部のひずみ分布と応力集中率を示す。応力集中率はゲージ番号②⑧の位置で最大となり、平均して1.37となった。

(3) R部の応力集中率

文献19)によれば、図－3.5中のR部の応力集中率 α は次式で表される。

$$\alpha = 1 + \left\{ \frac{1}{2.8 \cdot (B/b) - 2} \cdot \frac{h}{\rho} \right\}^{0.65} \dots\dots\dots (3.1)$$

ここで、

α : 応力集中率（狭い平行部の平均応力を基準応力とし、これに対する最大応力の比）

$2B$: 広い平行部の幅, $2b$: 狭い平行部の幅, h : $B-b$, ρ : 曲率半径

これによるとR部の応力集中率は1.26になり、今回の実測値（1.37）は計算値よりも高くなっている。

3.3 疲労試験結果

(1) 試験方法

疲労試験には静的載荷試験と同様に90/60ton疲労試験機、疲労腐食試験装置（最大動的荷重 ± 10 ton, 最大ストローク ± 75 mm）を使用した。載荷方法は図－3.5に示すとおり引張載荷とした。繰返し速度は10、25Hzとした。

図－3.10にひずみゲージ貼付位置を示す。長さ2mmのひずみゲージを用いた。

(2) 試験結果

1) 亀裂発生状況

表－3.3に疲労試験結果を示す。実測応力範囲は試験体中央部の2枚のゲージで測定されたひずみの平均値を用いた。なお、亀裂発生位置がR部の応力集中の生じる個所の場合にはひずみの平均値に静的載荷試験（3.2(2)参照）で求めた応力集中率を乗じた値を、R部以外の個所の場合にはひずみの平均値を用いて計測結果を整理した。

亀裂は36体中28体（垂直水平方向各14体）から発生した。疲労亀裂が発生した試験体の内訳は、垂直暴

露についてR部14体、水平暴露についてR部9体、中央部5体である。

図－3.11(1)～(3)に各試験体の疲労亀裂の発生位置を示す。疲労亀裂の発生位置を試験体の刻印側と刻印反対側でわけると、垂直暴露について刻印側8体、刻印反対側6体、水平暴露について刻印側10体、刻印反対側4体であった。水平暴露の試験体では刻印側（上面側）の方が疲労亀裂が多く発生しており、上下面の腐食程度の違いが疲労強度に影響しているものと考えられる。参考までに写真－3.2に試験体の亀裂発生状況を示す。

2) 疲労強度

図－3.12(1), (2)に36体（亀裂発生28体、未破断8体）の引張載荷疲労試験結果と黒皮付きの帯板（ガス切断縁、あらさ100S以下）、荷重非伝達型継手（非仕上げ）の疲労強度曲線¹⁰⁾との比較結果を示す。縦軸の応力範囲は表－3.3に示す亀裂が発生した個所の値を用いている。

図中には板厚減少量との関係が概ねわかるように、便宜上板厚減少量を0.2mm未満（24体）、0.2mm以上～1.0mm未満（6体）、1.0mm以上（6体）の3種類に分類して回帰式を示してある。3種類の記号に対する σ_r -Nf線はそれぞれ未破断のデータを除いて次式のように仮定して求めた。

$$\log Nf = B1 + B2 \log \sigma_r \quad \dots\dots\dots (3.2)$$

ここで、Nf (cycles) は試験体が破断するまでの繰返し回数、 σ_r は応力範囲 (kg/cm²) である。B1、B2は最小2乗法により求めた。表－3.4に σ_r -Nf線のB1、B2の計算結果と回帰式から算定した200万回疲労強度を示す。

疲労強度は板厚減少量が多くなるに従い、低下する傾向にある。板厚減少量の少ない地域（□）の疲労強度は暴露していない普通鋼の帯板の疲労強度（50%非超過確率）と若干小さいか同程度である。一方、板厚減少量の多い地域（■）の疲労強度は暴露していない普通鋼の荷重非伝達型溶接継手の疲労強度（50%非超過確率）よりも大きいことがわかる。

図－3.13は図－3.12(a)で示した試験データを暴露方向別に整理したものである。疲労強度は垂直暴露の試験体よりも水平暴露の試験体の方が低い傾向にある。

図－3.14に参考として試験体番号で整理した結果を示す。

図－3.15(a), (b)に全国暴露試験で測定した小型試験片の暴露9年目の平均板厚減少量と今回の試験結果より算定した200万回疲労強度との関係を示す。表－3.5に全国暴露試験で測定した小型試験片の暴露9年目の平均板厚減少量と今回の試験結果より算定した200万回疲労強度の一覧を示す。板厚減少量と疲労強度の関係は概ね次のとおりである。

0.1mm→3,100kg/cm² (0%)

0.2mm→2,800kg/cm² (10%低下)

1.0mm→2,000kg/cm² (35%低下)

以上のことから板厚減少量が大きくなるにつれて疲労強度は確かに低下する。しかしながら無塗装耐候性橋梁の適用地域では、一部の暴露試験片に見られる1.0mmを超えるような極端な板厚減少は生じないも

のと考えられる。また、無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領（案）では、無塗装耐候性橋梁の適用可能地域の判断材料として50年後における推定板厚減少量を0.4mmを目安としているが、この程度の腐食に伴う疲労強度の低下を考慮しても母材部分の疲労強度は溶接継手部分の疲労強度よりも低下することはないものと考えられる。

3) 既存の疲労試験結果との比較

今回の試験結果と既存の無塗装耐候性鋼母材の疲労試験結果の比較を行ってみた。表－3.6(1)(2)に本共同研究における疲労試験と既存の疲労試験の試験条件を示す。図－3.16(1)～(8)に今回の疲労試験結果とこれらの文献に示される疲労試験結果（実験値回帰式）を示す。各文献の実験値回帰式については表－3.4に示す。鋼種、試験体形状、腐食条件、疲労強度の整理方法等の違いがあるが、これらの図よりその傾向を比較することができる。

3.4 溶接止端部形状の測定結果

(1) 測定方法

溶接部試験体について、溶接止端部形状の測定を行った。測定箇所は溶接止端部2箇所の内の1箇所とした。図－3.17に溶接止端部形状の測定の概略を示す。測定方法はリブ十字溶接継手の場合と同じである（2.4節参照）。

(2) 測定に用いた試験体採取位置

測定に用いた試験体は板厚減少量が異なる暴露地点31, 10, 34の溶接部試験体（水平方向、刻印側（上面））3体である。

(3) 測定結果

図－3.18に溶接止端部の止端形状を示す。ここでは止端半径 ρ に着目して試験体の余盛止端部で測定した50個の ρ の平均値および95%信頼区間（正規分布を仮定した）を求めた。図－3.19に各試験体の溶接止端半径と板厚減少量との関係を示す。板厚減少量が多くなるに従い、溶接止端半径は大きくなっている。仮に、溶接ビードに直角方向に3試験体を切り出し、突合せ継手の疲労強度を調べた場合、板厚減少量が多い試験体ほど、溶接止端部の応力集中は緩和され、疲労強度も高くなることも考えられる。

3.5 母材部表面粗さの測定結果

(1) 測定方法

溶接部試験体の母材部について、表面粗さの測定を行った。図－3.20に測定の概略を示す。測定方法はリブ十字溶接継手の場合と同じである（2.4節参照）。

(2) 測定に用いた試験体採取位置

測定に用いた試験体は暴露 9 地点の中で最も板厚減少量が多い暴露地点24の水平方向 1 体と板厚減少量が少ない暴露地点34の水平方向 1 体の計 2 体である。型取りは刻印側（上面）について行った。

(3) 測定結果

図－3.21に表面粗さの測定結果を示す。写真－3.3に暴露 9 地点の中で板厚減少量が多い暴露地点24の水平方向の試験体と板厚減少量が少ない暴露地点34の水平方向の試験体の表面状況を示す。暴露地点24, 34の試験体を比較すると、板厚減少量の多い暴露地点24の試験体の方が表面が粗くなっている。また、暴露地点24の試験体を刻印側（上面）と刻印反対側（下面）で比較すると、刻印側（上面）の方が表面が粗くなっている。以上のことから疲労強度の低下は主として腐食が進行することによる表面粗さの増加によるものと考えられる。

4. まとめ

4.1 大気暴露したリブ十字溶接継手試験体の疲労強度

新潟市に8年間暴露した耐候性鋼のリブ十字溶接継手暴露試験体の純曲げ疲労試験により得られた主な結果をまとめる。

(1) 主な試験結果

1) 腐食状況

箱内側の溶接止端部の方が箱外側のそれと比較して腐食が進んでおり、かつ溶接止端部の止端半径 ρ の値は、箱内側の方が箱外側と比較して小さい。

2) 亀裂の発生位置

亀裂は母材部には発生せず、すべて溶接止端部に発生した。したがって母材部の疲労強度は、さびが生じた場合でも溶接継手部の疲労強度よりも高いと考えられる。

破断した試験体13体のうち11体が箱内側の溶接止端部から亀裂が発生した。

3) 疲労強度

試験結果の回帰式から求めた200万回疲労強度は $1954\text{kg}/\text{cm}^2$ （曲げ）であった。（引張荷重に換算すると $1563\text{kg}/\text{cm}^2$ である）

疲労強度はさびの生じていない普通鋼のリブ十字継手の疲労強度と同等程度であった。

(2) まとめ

1) 腐食と疲労強度

箱内側の溶接止端部では腐食が進み粗いさびが生じた結果、溶接止端部の半径 ρ が小さくなり、疲労強度が低下したものと考えられる。

2) 設計上の配慮

今回の試験体の箱内側の腐食状況は比較的厳しいものであり、このような環境条件下では無塗装耐候性橋梁を適用すべきではないものと考えられる。ただしそのような腐食状況であるにも係らず、今回の暴露試験体の疲労強度は普通鋼の同一継手の疲労強度と同等程度であったことおよび既存の疲労試験結果を踏まえると、少なくとも通常の無塗装耐候性橋梁の適用可能な条件下で耐候性鋼を使用する場合（橋梁に構造上の問題があり、部材の一部が局部的に腐食するような場合を除く）には、さびの生じた耐候性鋼のリブ十字継手の疲労強度は塗装した普通鋼の同一の継手と同等の等級の疲労強度を有するとして良いものと考えられる。

4.2 大気暴露した母材試験体の疲労強度

全国9地点の既設橋で8年間暴露した耐候性鋼の母材試験体の疲労試験により得られた主な結果を示す。

(1) 主な試験結果

- 1) 試験体に貼付したひずみゲージの測定値から求めた値（板厚減少に伴う応力増加分を考慮した値）で疲労強度を整理した結果、板厚減少量が多くなるに従い疲労強度は低下する傾向にある。

2) 板厚減少量と疲労強度の関係は概ね次のとおりである。

平均板厚減少量	200万回疲労強度	低下率
0.1mm	3,100kg/cm ²	(0%)
0.2mm	2,800kg/cm ²	10%
1.0mm	2,000kg/cm ²	35%

3) 板厚減少量が1.0mm未満の地域の疲労強度は普通鋼の帯板の疲労強度(50%非超過確率)と若干小さいか同等程度である。

4) 板厚減少量が1.0mm以上の地域の疲労強度は普通鋼のリブ十字継手の疲労強度(50%非超過確率)よりも大きい。

(2) まとめ

1) 腐食と疲労強度

疲労強度は板厚減少量の増加に伴い低下する傾向にあり、この低下は主として腐食が進行することによる表面粗さの増加によるものと考えられる。

2) 設計上の配慮

耐候性鋼が安定さびを形成するために必要な板厚減少量は、0.1～0.2mmと非常に小さいものであり、腐食環境が厳しくこの値を著しく超えるさびの発生が予想されるような地域では耐候性鋼の無塗装使用は避けるべきである。『無塗装耐候性橋梁の設計施工要領(案)』(共同研究報告書 第12号)における無塗装耐候性橋梁の適用可能地域もそのような考えに基づいており、今回実験に用いた暴露試験片に見られる1.0mmを超えるような極端な板厚減少が見られる地域は当然ながら無塗装耐候性橋梁の適用可能な地域とはいえない。

一方今回の実験結果によれば0.1～0.2mm程度の板厚減少が生じている母材の疲労強度の低下は小さく、腐食に伴う疲労強度の低下を考慮しても母材部分の疲労強度が溶接継手部の疲労強度よりも低下することはなく、一般には疲労を考慮しなくてもよいものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 山田・牧野・菊池：横リブ十字隅肉溶接止端部に発生する疲労亀裂の解析、土木学会論文報告集 第292号、1979年12月
- 2) 山田・村山・近藤・菊池：大気暴露された無塗装の耐候性鋼および普通鋼溶接継手の疲れ強さ、土木学会論文報告集 第337号、1983年9月
- 3) 近藤・山田・荒木：耐候性鋼無塗装溶接継手の10年大気暴露後の疲労挙動、土木学会第44回年次学術講演会、1989年10月
- 4) 名古屋高速道路公社：名古屋大学工学部土木工学科：長期間大気暴露された耐候性鋼溶接継手の疲労特性に関する研究、1989年3月
- 5) 山田・馬場・田垣・菊池：耐候性鋼無塗装橋梁部材の疲れ強さ、土木学会論文報告集第338号、1983年10月
- 6) Albrecht, P. and Friedland, I. M. : Fatigue Tests of 3 - year Weathered A588 Steel Weldment , Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 106, No. ST 5, May, 1980.
- 7) Albrecht, P. and Cheng, J-G. : Fatigue Tests of 8 - year Weathered A588 Steel Weldment , Journal of the Structural Engineering, ASCE, Vol. 109, No. 9, September, 1983.
- 8) Friedland, I. M, Albrecht, P. and Irwin G. R. : Fatigue of Two-Year Weathered A588 Stiffeners and Attachments , Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 108, No. ST1, January, 1982.
- 9) Albrecht, P. and Sidani, M. : Fatigue Strength of Weathering Steel for Bridges, Department of Civil Engineering University of Maryland College Park, Maryland 20742, 1987.
- 10) 日本鋼構造協会：疲労設計指針（案）、JSSCレポート No. 14、1989年11月
- 11) 田村：溶接継手の構造的応力集中の解析に関する簡易手法の提案、溶接学会論文集、第6巻（1988）第2号
- 12) 河野：局部応力による溶接継手部の疲労評価、中央大学理工学部土木工学科卒業論文、1991年3月
- 13) 建設省土木研究所・（社）鋼材倶楽部・（社）日本橋梁建設協会：耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書（X）、1989年12月、P. 69
- 14) 田垣・近藤・山田・菊池：溶接継手の疲労寿命に与える隅肉溶接止端形状の影響、土木学会論文報告集、第324号、1982年8月
- 15) 国広・井上・福田：耐候性鋼材の大気暴露調査、建設省土木研究所資料、第729号、1972年2月
- 16) 北野・吉田・井藤：大気暴露された無塗装耐候性鋼材の試験について、土木学会第39回年次学術講演会講演概要集、1984年10月
- 17) 皆田・村中・西村：発錆による耐候性鋼材の表面状態と疲労強度の変化、土木学会第41回年次学術講演会講演概要集、1986年11月
- 18) 皆田・西村・江見：発錆構造用鋼材の疲労性状、土木学会第42回年次学術講演会講演概要集、1987年

9 月

19) 西田：応力集中、森北出版、1967年 9 月、P. 47～54, P. 632～636

20) 井藤：大気暴露された鋼材の静的および疲労試験の一成果について、(社)北海道鋼橋防錆協会機関誌、防錆時代 5、1985年

謝 辞

本共同研究における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たものであり、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次第である。なお、耐候性鋼材の全国暴露試験については、これまでの41地点のうち海岸部の7地点を除く34地点で、予備に暴露しておいた試験片をさらに調査期間を延長して暴露させて頂くように、「第8回耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会（平成2年2月28日）」において関係機関にお願いし、了承を得た。今後も引き続き御協力をお願いする次第である。

[全国暴露試験]

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. 7~62. 3)
"	"	安 味	則 次	(62. 4~63. 3)
"	"	村 上	勉	(63. 4~ 1. 4)
"	"	佐々木	勇	(1. 5~)
"	"	木 村	健 一	(61. 4~62. 3)
"	"	油 谷	公 政	(62. 4~63. 3)
"	"	沢 田	順 一	(63. 4~ 1.11)
"	千歳道路維持事業所	小 木	博	(1.12~ 2. 6)
"	"	小山田	輝	(2. 6~)
"	室蘭道路事務所	高 木	実	(56. 4~59. 3)
"	"	池 田	憲 二	(59. 4~61. 3)
"	"	渋谷	元	(61. 4~62. 3)
"	"	和 田	忠 幸	(62. 4~)
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)
"	"	早 川	信	(61. 4~62. 3)
"	"	舟 山	章	(62. 4~ 1. 3)
"	"	津 谷	昌 彦	(1. 4~ 2. 4)
"	"	松 館	豊 久	(2. 4~)
"	山形工事事務所	渋谷	真 一	(56. 4~58. 3)
"	"	渡 辺	繁	(58. 4~60. 3)
"	"	武 田	邦 夫	(60. 4~61. 3)
"	"	山野辺	信 治	(61. 4~63. 3)
"	"	佐 藤	寿 昭	(63. 4~)
"	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. 5~62. 7)
"	"	荻 原	光 躬	(62. 7~63. 3)
"	"	金 沢	均	(63. 4~ 2. 4)
"	"	小 澤	敦 夫	(2. 4~)

建	設	省	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. 2~62. 3)
"	"	"	"	飯 島 均	(56. 4~59. 3)
"	"	"	"	斉 藤 憲 彦	(62. 4~ 1. 12)
"	"	"	"	清 水 信 男	(1. 12~)
"	"	"	千葉国道工事事務所	福 島 正 一	(56. 4~59. 7)
"	"	"	"	小山内 徳 雄	(59. 7~62. 5)
"	"	"	"	大 宮 貴 治	(62. 5~ 2. 7)
"	"	"	"	石 塚 廣 史	(2. 8~)
"	"	"	横浜国道工事事務所	佐 藤 汎	(56. 4~59. 3)
"	"	"	"	高 野 昭 雄	(59. 4~61. 11)
"	"	"	"	石 坂 幸 平	(61. 12~63. 7)
"	"	"	"	小 口 安 雄	(63. 7~)
"	"	"	長岡国道工事事務所	野 崎 彦 造	(56. 4~61. 3)
"	"	"	"	上 村 豊 衛	(61. 4~62. 3)
"	"	"	"	延 命 研 樹	(62. 4~ 1. 3)
"	"	"	"	斉 藤 修 三	(63. 4~)
"	"	"	"	柳 沢 龍 彦	(61. 4~61. 10)
"	"	"	"	藤 崎 太 一	(61. 10~ 1. 5)
"	"	"	"	小 牧 敏	(1. 5~)
"	"	"	富山工事事務所	藤 田 和 俊	(56. 4~57. 3)
"	"	"	"	谷 口 英 雄	(57. 4~59. 3)
"	"	"	"	"	(2. 1~)
"	"	"	"	出戸端 久登志	(59. 4~61. 3)
"	"	"	"	石 橋 建 夫	(61. 4~63. 3)
"	"	"	"	折 谷 茂	(63. 4~ 1. 12)
"	"	"	新潟国道工事事務所	吉 田 紘 一	(56. 4~57. 11)
"	"	"	"	高 橋 公 夫	(57. 11~60. 3)
"	"	"	"	武 者 勝 治	(60. 4~61. 3)
"	"	"	"	坪 内 昭 雄	(61. 4~63. 3)
"	"	"	"	石 田 孝 志	(63. 4~ 2. 4)
"	"	"	"	武 田 繁	(2. 4~)
"	"	"	高山国道工事事務所	蓑 島 英 明	(56. 4~61. 4)
"	"	"	"	田 中 茂	(61. 4~ 2. 4)
"	"	"	"	川 尻 隆 義	(2. 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)
"	"	"	"	小 崎 昭 弘	(61. 4~63. 3)
"	"	"	"	河 合 貞 明	(63. 4~ 2. 4)
"	"	"	"	野 沢 克 仁	(2. 4~)
"	"	"	名古屋国道工事事務所	中 島 駿	(56. 4~60. 4)
"	"	"	"	堀 内 正 道	(60. 4~63. 4)
"	"	"	"	服 部 育 男	(63. 4~ 2. 4)
"	"	"	"	山 下 正 一	(2. 4~)
"	"	"	三重工事事務所	加 藤 和 昭	(56. 4~57. 9)
"	"	"	"	水 守 安 二	(57. 10~60. 3)

建	設	省	三重工事事務所	西村敏雄	(60. 4～62. 2)
	〃		〃	松本良一	(62. 4～ 1. 3)
	〃		〃	渡瀬伸	(1. 4～)
	〃		和歌山工事事務所	岸田明雄	(56. 4～61. 1)
	〃		〃	斉藤健男	(61. 1～ 1. 4)
	〃		〃	大野清三	(1. 4～)
	〃		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. 4～63. 3)
	〃		〃	原田俊樹	(63. 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)
	〃		〃	川井利昭	(61. 4～63. 3)
	〃		〃	中村香澄	(63. 4～ 2. 6)
	〃		〃	池上茂雄	(63. 4～)
	〃		〃	別木孝	(2. 6～)
	〃		鳥取工事事務所	足本定春	(56. 4～59. 9)
	〃		〃	加田治久	(59. 9～62. 3)
	〃		〃	難波徹	(62. 4～ 2. 4)
	〃		〃	河野忠雄	(2. 4～)
	〃		浜田工事事務所	小林修	(56. 4～57. 3)
	〃		〃	田中隆昭	(57. 4～62. 3)
	〃		〃	幸野博	(62. 4～)
	〃		三次工事事務所	篠原知己	(56. 4～58. 10)
	〃		〃	村上則男	(58. 10～61. 3)
	〃		〃	岡俊広	(61. 4～62. 3)
	〃		〃	山瀬浩和	(62. 4～ 2. 4)
	〃		〃	石橋義弘	(2. 4～)
	〃		岡山国道工事事務所	大月浩	(56. 4～58. 9)
	〃		〃	篠原知己	(58. 10～61. 3)
	〃		〃	鈴木秀章	(56. 4～58. 3)
	〃		〃	椋代頼正	(58. 4～60. 3)
	〃		〃	平井忠久	(60. 4～63. 3)
	〃		〃	岡公雄	(61. 4～63. 3)
	〃		〃	斎藤実	(63. 4～ 2. 4)
	〃		〃	山本英夫	(63. 4～)
	〃		〃	石橋義弘	(2. 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)
	〃		〃	川原博	(61. 4～62. 5)
	〃		〃	一色博行	(62. 5～ 1. 5)
	〃		〃	東條泰三	(1. 5～)
	〃		松山工事事務所	楠目孝夫	(56. 4～59. 3)
	〃		〃	浜田裕志	(59. 4～61. 4)
	〃		〃	堀口正己	(61. 5～ 1. 5)

建	設	省	松山工事事務所	山	内	知	治	(1. 5~)
"	"	"	土佐国道工事事務所	片	岡	正	彦	(56. 4~60. 3)
"	"	"	"	岡	田	芳	樹	(60. 4~63. 3)
"	"	"	"	成	岡	茂	義	(63. 4~ 2. 1)
"	"	"	"	武	智	高	明	(2. 2~)
"	"	"	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~ 1. 5)
"	"	"	"	山	本	博	久	(1. 5~)
"	"	"	宮崎工事事務所	平	木		香	(56. 4~63. 3)
"	"	"	"	宮	内	正	利	(63. 4~)
"	"	"	大分工事事務所	後	田		勇	(56. 4~59. 4)
"	"	"	"	江	藤	紀	文	(59. 4~62. 3)
"	"	"	"	永	野	嘉	住	(62. 4~)
"	"	"	福岡国道工事事務所	緒	方	良	一	(56. 4~60. 3)
"	"	"	"	米	原	利	幸	(60. 4~62. 5)
"	"	"	"	河	野	良	行	(62. 5~ 1. 3)
"	"	"	"	笹	山	勝	之	(1. 4~)
"	"	"	北九州国道工事事務所	浅	田	敏	光	(56. 4~61. 6)
"	"	"	"	藤	本	寿	次	(61. 7~62. 4)
"	"	"	"	近	藤		清	(62. 5~ 2. 4)
"	"	"	"	平	田	政	正	(2. 4~)
沖繩総合事務局			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)
"	"	"	"	玉	城	正	弘	(61. 4~ 1. 9)
"	"	"	"	金	城		博	(1.10~)
"	"	"	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)
"	"	"	"	島	尻	清	明	(61. 4~63. 3)
"	"	"	"	清	藤		博	(63. 4~ 2. 4)
"	"	"	"	山	口		格	(2. 4~)
[大型暴露試験]								
建	設	省	北陸技術事務所	滝	沢	俊	次	(57. 4~57.11)
"	"	"	"	関		信	夫	(57.11~59. 4)
"	"	"	"	富	田	叔	昌	(59. 4~62. 6)
"	"	"	"	伊	藤	与	一	(62. 7~ 1. 3)
"	"	"	"	松	木	達	夫	(1. 4~)
"	"	"	"	武	田		繁	(57. 4~59. 4)
"	"	"	"	櫛		彦	二郎	(59. 4~62. 5)
"	"	"	"	五十	嵐	一	男	(62. 5~ 1. 3)
"	"	"	"	延	命	研	樹	(1. 4~)
"	"	"	信濃川下流工事事務所関屋出張所	高	橋	米	蔵	(57. 4~58. 3)
"	"	"	"	白	倉	与	志司	(58. 4~60. 7)
"	"	"	"	本	田		武	(60. 8~62. 7)
"	"	"	"	五十	嵐	功	次	(62. 8~)

建	設	省	信濃川下流工事事務所関屋出張所	佐久間	満	(57. 4~59. 4)
			"	石 田	求	(59. 5~60. 9)
			"	比 企	正 行	(60. 10~)
			新潟国道工事事務所黒埼維持出張所	佐 野	忠 義	(57. 4~60. 3)
			"	小 林	義 英	(60. 4~63. 3)
			"	米 田	貢	(63. 4~)
			"	山 本	進	(56. 4~59. 3)
			"	渡 辺	渡	(59. 4~61. 3)
			"	小野田	雅 樹	(61. 4~ 1. 5)
			"	三 林	宏 和	(1. 5~)

(以上、全国暴露試験暴露 9 年目 大型暴露試験暴露 8 年目までの担当者)

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会の委員名簿

第1回（昭和56年6月24日）

第2回（昭和57年2月17日）

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	稲垣 浩司	北海道開発局建設部道路建設課長
"	村岡 憲司	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	阿部 英彦	日本国有鉄道技術研究所構造物研究室長
"	池田 甫	日本道路公団技術部構造技術課長代理
"	徳良 賢一	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	河井 章好	阪神高速道路公団工務部次長
"	奥川 淳志	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長代理
"	中岡 智信	道路局国道第一課課長補佐
"	藤原 稔	道路局国道第二課課長補佐
"	石橋 正穂	道路局地方道課課長補佐
"	坂東 幸男	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	窪田 一夫	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	須田 公男	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	竹内 治夫	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	湯川 和男	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	吉岡 洋二	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	敷地 節雄	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	立花 重行	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	蒔田 実	土木研究所地質化学部長
"	成田 信之	土木研究所構造橋梁部長
"	森 芳徳	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室主任研究員
"	金井 道夫	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	大塩 俊雄	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(社)鋼材倶楽部（新日本製鉄(株)技術サービス部特殊鋼グループ課長）
"	武田 宣正	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)鉄鋼技術部課長）
"	岩永 寛	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)技術開発調査部主任部員）
"	久野 忠一	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)鋼材技術部東京鋼材技術室主査）
"	石沢 隆夫	(社)鋼材倶楽部（(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部鋼板技術部厚板担当課長）
"	佐藤 政勝	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)構造技術研究所主任研究員）
"	長谷川 鑑一	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所設計部長）
"	下瀬 健雄	(社)日本橋梁建設協会（石川島播磨重工業(株)橋梁基本設計部課長）
"	庄司 吉弘	(社)日本橋梁建設協会（日本鋼管(株)技術研究所耐風構造研究室主任部員）
"	矢野 久元	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所設計部）
"	田中柳之助	(財)土木研究センター理事
"	荒居 昇	(財)土木研究センター常務理事

第3回（昭和57年9月30日～10月2日）

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	上野 正人	北海道開発局建設部道路建設課長
"	加納研之助	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	阿部 英彦	日本国有鉄道鉄道技術研究所構造物研究室長
"	池田 甫	日本道路公団技術部構造技術課長代理
"	矢作 枢	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	河井 章好	阪神高速道路公団工務部次長
"	奥川 淳志	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長代理
"	中岡 智信	道路局国道第一課課長補佐
"	星野 満	道路局国道第二課課長補佐
"	石橋 正穂	道路局地方道課課長補佐
"	坂東 幸男	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	中山 泰宏	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	須田 公男	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	柴田 実	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	湯川 和男	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	吉岡 洋二	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	山地 武	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	立花 重行	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	蒔田 実	土木研究所地質化学部長
"	成田 信之	土木研究所構造橋梁部長
"	森 芳徳	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室主任研究員
"	金井 道夫	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	西川 和廣	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	大塩 俊雄	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(社)鋼材倶楽部（新日本製鉄(株)市場開発技術部厚板特殊鋼グループ課長）
"	渡辺 常安	(社)鋼材倶楽部（新日本製鉄(株)製品技術研究所鋼材第3研究室課長）
"	田中 明広	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)鉄鋼製品技術部主任部員）
"	松島 巖	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)技術研究所第4研究部腐食化学室室次長）
"	三浦 一良	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)第2製品技術部主任部員）
"	三上 尚人	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)尼崎市中央技術研究所表面处理研究室副主任研究員）
"	久野 忠一	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)鋼材技術室課長）
"	石沢 隆夫	(社)鋼材倶楽部（(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部鋼板技術部部長代理）
"	鳥居 康司	(社)鋼材倶楽部（(株)神戸製鋼所中央研究所腐食防食グループ）
"	佐藤 政勝	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)構造技術研究所主任研究員）
"	荒木 桂蔵	(社)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川 鑑一	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所設計部長）
"	菅野 照造	(社)日本橋梁建設協会（石川島播磨重工業技術研究所化学部副部長）
"	下瀬 健雄	(社)日本橋梁建設協会（石川島播磨重工業(株)橋梁基本設計課長）
"	庄司 吉弘	(社)日本橋梁建設協会（日本鋼管(株)技術研究所耐風構造研究室）
"	矢野 久元	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所設計部）
"	田中柳之助	(財)土木研究センター理事
"	荒居 昇	(財)土木研究センター常務理事

第4回（昭和58年11月25日）

委員長	伊藤 学	東京大学工学部土木工学科教授
委員	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	熊谷 勝弘	北海道開発局建設部道路建設科課長補佐
"	加納研之助	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	阿部 英彦	日本国有鉄道構造物設計事務所長
"	中島 英治	日本道路公団技術部構造技術課長
"	矢作 枢	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	河井 章好	阪神高速道路公団神戸建設部部長
"	田中 淳之	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	田崎 忠行	道路局国道第一課課長補佐
"	星野 満	道路局国道第二課課長補佐
"	熊谷恒一郎	道路局地方道課課長補佐
"	大島喜三郎	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	中山 泰宏	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	末田 一好	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	本田 宣史	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	宮川満州夫	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	尾形 望	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岩崎 孝人	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	堀 繁	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	立花 重行	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	蔣田 実	土木研究所地質化学部長
"	村上 己里	土木研究所構造橋梁部長
"	森 芳徳	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室主任研究員
"	西川 和廣	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	佐藤 和徳	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(社)鋼材倶楽部（新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理）
"	田中 明広	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)鉄鋼製品技術部主任部員）
"	松島 巖	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)技術研究所第4研究部腐食化学室次長）
"	三浦 一良	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)第2製品技術部主任部員）
"	三上 尚人	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)尼崎市中央技術研究所表面処理研究室副主任研究員）
"	久野 忠一	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)技術本部製鋼鋼材技術室課長）
"	福原 幸雄	(社)鋼材倶楽部（(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部部長代理）
"	鳥井 康司	(社)鋼材倶楽部（(株)神戸製鋼所材料研究所中央研究所腐食防食グループ）
"	佐藤 政勝	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)構造技術研究所主任研究員）
"	荒木 桂蔵	(社)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川鑑一	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所設計部長）
"	菅野 照造	(社)日本橋梁建設協会（石川島播磨重工業技術研究所化学部副部長）
"	下瀬 健雄	(社)日本橋梁建設協会（石川島播磨重工業(株)橋梁基本設計課長）
"	庄司 吉弘	(社)日本橋梁建設協会（日本鋼管(株)技術研究所耐風構造研究室課長）
"	矢野 久元	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所設計部）
"	田中柳之助	(財)土木研究センター理事
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター常務理事

第5回（昭和61年3月27日）

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 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	熊谷 勝弘	北海道開発局建設部道路建設課課長補佐
"	山本 善行	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	中島 英治	日本道路公団技術部構造技術課長
"	三橋 晃司	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	竹蒔 昇	阪神高速道路公団神戸建設部部長
"	山口 浩二	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
"	桂樹 正隆	道路局国道第二課課長補佐
"	武藤 和宏	道路局地方道課課長補佐
"	柏原 莊助	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	大橋 義彦	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	丸山 幹雄	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	本田 宣史	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
"	巽 義則	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岩崎 孝人	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	山川 健蔵	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	秋吉 忠	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	蒔田 実	土木研究所地質化学部長
"	多田 浩彦	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	篠原 洋司	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	西川 和廣	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室主任研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(社)鋼材倶楽部（新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理）
"	平部 謙二	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)鋼材技術部厚板技術室主任部員）
"	松島 巖	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)技術開発本部中央研究所第二材料研究部腐食化学研究室長）
"	佐伯 迪昭	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)厚板技術部主任部員）
"	三上 尚人	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)中央技術研究所表面处理研究室主任研究員）
"	久野 忠一	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部主査課長）
"	福原 幸雄	(社)鋼材倶楽部（(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部部長代理）
"	鳥井 康司	(社)鋼材倶楽部（(株)神戸製鋼所材料研究所材料開発センター耐食防食技術室）
"	佐藤 政勝	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)研究開発センター設計研究室課長）
"	岡田 道夫	(社)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川 鑑一	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所常務取締役）
"	菅野 照造	(社)日本橋梁建設協会（石川島播磨重工業(株)技術研究所化学部副部長）
"	下瀬 健雄	(社)日本橋梁建設協会（石川島播磨重工業(株)橋梁基本設計部副部長）
"	庄司 吉弘	(社)日本橋梁建設協会（日本鋼管(株)鋼構造建設部橋梁設計室課長）
"	矢野 久元	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所設計研究部橋梁第二課課長補佐）
"	柳田 力	(財)土木研究センター常務理事
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長

第6回（昭和63年1月22日）

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 千壽	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	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	松橋 省	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	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	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	木下 良治	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	倉本 勝美	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	藤原栄吉郎	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	桑原 啓三	土木研究所地質化学部長
"	篠原 洋司	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	守屋 進	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(社)鋼材倶楽部（新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理）
"	平部 謙二	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)商品技術センター鋼材技術部）
"	松島 巖	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)技術開発本部企画部主任部員部長）
"	別所 清	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)鋼板技術部専門部長）
"	三上 尚人	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)総合技術研究所鉄鋼研究センター）
"	久野 忠一	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部主査課長）
"	石岡 千里	(社)鋼材倶楽部（(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部課長）
"	佐藤 政勝	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)研究開発センター設計研究室課長）
"	岡田 道夫	(社)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川 鐮一	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所常務取締役）
"	下瀬 健雄	(社)日本橋梁建設協会（石川島播磨重工業(株)橋梁管理部部長）
"	庄司 吉弘	(社)日本橋梁建設協会（日本鋼管(株)鋼構造建設部橋梁設計室課長）
"	矢野 久元	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所設計部課長）
"	柳田 力	(財)土木研究センター常務理事
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長

第7回（平成元年2月7日）

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 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	本多 満	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
"	伊藤 義則	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
"	吉川 紀	阪神高速道路公団工務部設計課長
"	辰巳 正明	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	金井 道夫	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
"	佐藤 幹雄	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	池田 実	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	松橋 省	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	萩原 哲雄	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	水野 英夫	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	古田 勇	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岡田 清彦	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	藤田 稔	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	森 久	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	市川 慧	土木研究所地質化学部長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	守屋 進	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(社)鋼材倶楽部（新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理）
"	八子 一了	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)商品技術センター鋼材技術部）
"	松島 巖	(社)鋼材倶楽部（日本鋼管(株)技術開発本部企画部主任部員部長）
"	別所 清	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)鋼板技術部専門部長）
"	三上 尚人	(社)鋼材倶楽部（住友金属工業(株)研究開発本部鉄鋼技術研究所）
"	久野 忠一	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部主査課長）
"	石岡 千里	(社)鋼材倶楽部（(株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部課長）
"	佐藤 政勝	(社)鋼材倶楽部（川崎製鉄(株)研究開発センター課長）
"	中条 行雄	(社)鋼材倶楽部市場開発部長
"	長谷川 鑑一	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所常務取締役）
"	下瀬 健雄	(社)日本橋梁建設協会（石川島播磨重工業(株)橋梁管理部部長）
"	庄司 吉弘	(社)日本橋梁建設協会（日本鋼管(株)鋼構造建設部橋梁設計室課長）
"	川村 友見	(社)日本橋梁建設協会（(株)横河橋梁製作所設計部課長）
"	森 芳徳	(財)土木研究センター研究開発部長
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長

第8回(平成2年2月28日)

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 千壽	東京工業大学工学部土木工学科助教授
"	本多 満	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
"	伊藤 義則	日本道路公団技術部構造技術課長
"	秋元 泰輔	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	井阪 清	阪神高速道路公団工務部設計課長
"	辰巳 正明	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	金井 道夫	道路局国道第一課課長補佐
"	中野 正則	道路局国道第二課課長補佐
"	的場 純一	道路局地方道課課長補佐
"	小野 靖	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	芹沢 公	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	小島 祐司	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	萩原 哲雄	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	水野 英夫	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	江川 雅雄	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岡田 清彦	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	藤田 稔	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	碓 公男	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	市川 慧	土木研究所地質化学部長
"	佐伯 彰一	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	守屋 進	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(社)鋼材倶楽部(新日本製鉄)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理)
"	八子 一了	(社)鋼材倶楽部(日本鋼管)商品技術センター鋼材技術部厚板チーム次長)
"	松島 巖	(社)鋼材倶楽部(日本鋼管)技術開発本部企画部主任部員部長)
"	別所 清	(社)鋼材倶楽部(住友金属工業)鋼板技術部専門部長)
"	三上 尚人	(社)鋼材倶楽部(住友金属工業)研究開発本部鉄鋼技術研究所)
"	久野 忠一	(社)鋼材倶楽部(川崎製鉄)鉄鋼技術本部鋼材技術部主査課長)
"	石岡 千里	(社)鋼材倶楽部(神戸製鋼)鉄鋼生産本部厚板技術部課長)
"	佐藤 政勝	(社)鋼材倶楽部(川崎製鉄)研究開発センター課長)
"	中条 行雄	(社)鋼材倶楽部市場開発部長
"	松田 真一	(社)日本橋梁建設協会(三菱重工業)鉄構建設事業本部)
"	下瀬 健雄	(社)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業)橋梁管理部部長)
"	庄司 吉弘	(社)日本橋梁建設協会(日本鋼管)鋼構造建設部橋梁設計室課長)
"	平井 陽一	(社)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業)技術研究所化学部課長)
"	長尾 美廣	(社)日本橋梁建設協会(宮地鐵工所千葉工場品質管理部管理課長)
"	川村 友見	(社)日本橋梁建設協会(横河橋梁製作所設計部課長)
"	森 芳徳	(財)土木研究センター研究開発部長
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長

第9回(平成3年3月12日)

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 千壽	東京工業大学工学部土木工学科教授
"	本多 満	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
"	風間 徹	日本道路公団技術部構造技術課長
"	秋元 泰輔	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	井阪 清	阪神高速道路公団工務部設計課長
"	保田 雅彦	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	岡本 博	道路局国道第一課課長補佐
"	中野 正則	道路局国道第二課課長補佐
"	の場 純一	道路局地方道課課長補佐
"	小野 靖	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	芹沢 公	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	小島 祐司	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	萩原 哲雄	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	鳥居 照正	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	橋本 節治	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	岡田 清彦	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	高橋 力	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	碓 公男	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	小林 茂敏	土木研究所地質化学部長
"	塩井 幸武	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	寺田 剛	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	桑辺 行正	(社)鋼材倶楽部(新日本製鉄(株)厚板技術部厚板技術サービス室部長代理)
"	八子 一了	(社)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)商品技術センター鋼材技術部厚板チーム次長)
"	松島 巖	(社)鋼材倶楽部(日本鋼管(株)中央研究所主席研究員)
"	中村 厚	(社)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)厚板技術部次長)
"	三上 尚人	(社)鋼材倶楽部(住友金属工業(株)総合技術研究所鉄鋼研究センター評価試験課)
"	西山 昇	(社)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部)
"	武生 博文	(社)鋼材倶楽部(株)神戸製鋼所鉄鋼事業本部生産本部厚板技術部課長)
"	佐藤 政勝	(社)鋼材倶楽部(川崎製鉄(株)研究開発センター)
"	中条 行雄	(社)鋼材倶楽部市場開発部長
"	松田 真一	(社)日本橋梁建設協会(三菱重工業(株)鉄構建設事業本部)
"	下瀬 健雄	(社)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)橋梁管理部部長)
"	加納 勇	(社)日本橋梁建設協会(日本鋼管(株)橋梁建設部)
"	長尾 美廣	(社)日本橋梁建設協会(宮地鐵工所千葉工場品質管理部管理課長)
"	川村 友見	(社)日本橋梁建設協会(株)横河橋梁製作所設計部課長)
"	平井 陽一	(社)日本橋梁建設協会(石川島播磨重工業(株)技術研究所化学部課長)
"	森 芳徳	(財)土木研究センター研究開発部長
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長

第10回（平成4年1月16日）

委員長	伊藤 学	埼玉大学工学部建設工学科教授
委員	阿部 英彦	宇都宮大学工学部土木工学科教授
"	三木 千壽	東京工業大学工学部土木工学科教授
"	本多 満	北海道開発局建設部道路建設課課長補佐
"	菊地 稔	沖縄総合事務局開発建設部道路建設課長
"	風間 徹	日本道路公団技術部構造技術課長
"	原 光夫	首都高速道路公団工務部設計技術課長
"	橋本 良之	阪神高速道路公団工務部設計課長
"	保田 雅彦	本州四国連絡橋公団設計部設計第一課長
"	岡本 博	道路局国道第一課課長補佐
"	仁木 清貴	道路局国道第二課課長補佐
"	的場 純一	道路局地方道課課長補佐
"	菊地 憲男	東北地方建設局道路部道路工事課長
"	大井 一夫	関東地方建設局道路部道路工事課長
"	竹重 寿夫	北陸地方建設局道路部道路工事課長
"	福田 伸宏	北陸地方建設局北陸技術事務所長
"	岡田 勝	中部地方建設局道路部道路工事課長
"	橋本 節治	近畿地方建設局道路部道路工事課長
"	伊藤 仁	中国地方建設局道路部道路工事課長
"	高橋 力	四国地方建設局道路部道路工事課長
"	梶島 誠吾	九州地方建設局道路部道路工事課長
"	小林 茂敏	土木研究所地質化学部長
"	藤原 稔	土木研究所構造橋梁部長
"	片脇 清	土木研究所地質化学部化学研究室長
"	寺田 剛	土木研究所地質化学部化学研究室研究員
"	西川 和廣	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室長
"	村越 潤	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	田中 良樹	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室研究員
"	佐々木靖雄	土木研究所構造橋梁部橋梁研究室
"	松田 真一	(社)日本橋梁建設協会 (三菱重工業(株)鉄構建設事業本部)
"	下瀬 健雄	(社)日本橋梁建設協会 (石川島播磨重工業(株)機械鉄構事業本部)
"	加納 勇	(社)日本橋梁建設協会 (日本鋼管(株)橋梁建設部)
"	川村 友見	(社)日本橋梁建設協会 (株)横河ブリッジ設計部)
"	平井 陽一	(社)日本橋梁建設協会 (石川島播磨重工業(株)技術研究所)
"	長尾 美廣	(社)日本橋梁建設協会 (株)宮地鐵工所千葉工場品質管理部)
"	笹尾 英弥	(社)鋼材倶楽部 (新日本製鐵(株)厚板技術部)
"	桑辺 行正	(社)鋼材倶楽部 (新日本製鐵(株)日本パークライジング(株))
"	城之内幸雄	(社)鋼材倶楽部 (日本鋼管(株)商品技術センター鋼材技術部)
"	松島 巖	(社)鋼材倶楽部 (日本鋼管(株)中央研究所)
"	中村 厚	(社)鋼材倶楽部 (住友金属工業(株)鋼板技術部)
"	三上 尚人	(社)鋼材倶楽部 (住友金属工業(株)総合技術研究所)
"	西山 昇	(社)鋼材倶楽部 (川崎製鉄(株)鉄鋼技術本部鋼材技術部)
"	今津 司	(社)鋼材倶楽部 (川崎製鉄(株)技術研究本部鉄鋼研究所)
"	武生 博文	(社)鋼材倶楽部 (株)神戸製鋼所鉄鋼生産本部厚板技術部)
"	佐藤 政勝	(社)鋼材倶楽部 (川崎製鉄(株)研究開発センター)
"	滝沢 幸夫	(社)鋼材倶楽部 参与市場開発部長
"	森 芳徳	(財)土木研究センター研究開発部長
事務局	荒居 昇	(財)土木研究センター事務局長
"	杉田 好春	(財)土木研究センター研究開発部

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する研究委員会の審議経過

第1回（昭和56年6月24日）

- 1) 本委員会設立の趣旨説明
- 2) 全体計画の説明
- 3) 全国暴露試験の概要説明
- 4) 環境条件調査（飛来塩分量、亜硫酸ガス濃度）の概要説明
- 5) 耐候性鋼材のJIS規格化についての説明
- 6) 裸使用および表面処理を施した耐候性橋梁の使用実績紹介
- 7) 国鉄の無塗装耐候性橋梁と暴露試験の説明
- 8) 阪神公団、防錆橋梁研究委員会報告書の説明

第2回（昭和57年2月17日）

- 1) 暴露試験片の取付け状況報告
- 2) 重量分析方法および化学分析方法についての概要
- 3) 環境条件調査（飛来塩分量、亜硫酸ガス濃度、気象条件）の概要
- 4) 大型暴露試験の概要
- 5) 溶接継手試験の概要
- 6) さび分析幹事会の設立について
- 7) 北海道開発局での調査研究動向について

第3回（昭和57年9月30日～10月2日）

- 1) 現地調査
 - 室蘭新道の橋梁（国道36号）
 - 尻別跨線橋（鉄道橋）
 - 豊平橋（国道36号、全国暴露試験橋梁の1橋）
 - 北海道百年記念塔
- 2) 全体計画の概要
- 3) 全国暴露試験の第一回収収状況
- 4) 大型試験体および溶接継手試験片の暴露調査について
- 5) 環境条件調査の中間報告
- 6) 化学分析方法について
- 7) さび分析幹事会の構成について

第4回（昭和58年11月25日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 暴露試験片の第一回化学分析調査結果
- 3) 暴露試験片の第一回腐食量調査結果
- 4) 大型試験体の第一回外観観察結果
- 5) 今後の研究予定
- 6) 第二期飛来塩分量調査について

第5回（昭和61年3月27日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 環境条件調査結果の報告書
- 3) 暴露試験片の第二回化学分析調査結果
- 4) 暴露試験片の第二回腐食量調査結果
- 5) 大型試験体の第二回外観観察結果
- 6) 耐候性高力ボルト暴露試験の概要
- 7) 耐候性橋梁の設計・施工要領（案）の説明

第6回（昭和63年1月22日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領（案）」について
- 3) 暴露試験片の第二回化学分析調査結果
- 4) 暴露試験片の第三回化学分析調査結果
- 5) 暴露試験片の第三回腐食量調査結果
- 6) 環境条件調査の概要
- 7) 耐候性高力ボルト暴露試験の第一回回収結果
- 8) 大型試験体の第三回外観観察結果

第7回（平成元年2月7日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 暴露試験片の第四回化学分析調査の経過報告
- 3) 暴露試験片の第四回腐食量調査の経過報告
- 4) 耐候性高力ボルト暴露試験の第二回回収結果
- 5) プレートガーダー以外の耐候性橋梁の実績調査
- 6) 飛来塩分量全国調査の結果の概要
- 7) 耐候性鋼材の JIS 改定について

第8回（平成2年2月28日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 暴露試験片の第四回化学分析調査結果
- 3) 暴露試験片の第四回腐食量調査結果
- 4) 無塗装耐候性橋梁の設計施工要領（案）の改訂原案
- 5) 無塗装耐候性橋梁の点検要領（案）
- 6) 平成2～3年度のスケジュール
- 7) 溶接継手暴露試験体の疲労試験（案）
- 8) 全国暴露試験の暴露調査期間の延長について

第9回（平成3年3月12日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 全国暴露試験のまとめの方針
- 3) 全国暴露試験第5回（暴露9年目）腐食量調査結果
- 4) 全国暴露試験第5回（暴露9年目）化学分析調査結果
- 5) 暴露試験片の疲労試験結果
- 6) 無塗装耐候性橋梁の構造詳細に関する検討
- 7) 無塗装耐候性橋梁の適用可能地域に関する検討
- 8) 耐候性橋梁に関する現状調査の結果について

第10回（平成4年1月16日）

- 1) 全体計画の概要
- 2) 全国暴露試験結果のまとめ
- 3) 暴露試験片の疲労試験結果のまとめ
- 4) 環境条件調査結果のまとめ
- 5) 無塗装耐候性橋梁の適用可能地域に関する検討
- 6) 無塗装耐候性橋梁の細部構造に関する検討
- 7) 無塗装耐候性橋梁の設計施工要領（案）について
- 8) 本委員会における検討内容に関するまとめ

共同研究担当者名簿

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以下の通りである。

建設省土木研究所	橋梁研究室	佐伯 彰一	(S. 56. 4~S. 60. 4)	
"	"	篠原 洋司	(S. 60. 5~S. 61. 6)	○
"	"	藤原 稔	(S. 61. 7~)	○
"	"	金井 道夫 *	(S. 56. 4~S. 58. 4)	
"	"	西川 和廣 *	(S. 57. 4~S. 62. 3)	○
"	"	村越 潤 *	(S. 62. 4~)	○
"	"	大塩 俊雄 *	(S. 56. 4~S. 58. 4)	
"	"	佐藤 和徳 *	(S. 58. 4~S. 60. 3)	
"	"	田中 良樹 *	(S. 60. 4~)	○
"	"	佐々木 靖雄	(H. 2. 4~)	
"	化学研究室	森 芳徳 *	(S. 56. 4~S. 60. 3)	
"	"	片脇 清 *	(S. 56. 4~)	○
"	"	西崎 到 *	(S. 60. 4~S. 61. 3)	
"	"	守屋 進 *	(S. 61. 4~H. 2. 3)	
"	"	寺田 剛 *	(H. 2. 4~)	
(社)鋼材倶楽部		久野 忠一 *	(S. 56. 4~H. 2. 12)	○
"		大浦 基宏	(H. 3. 1~)	
"		西山 昇	(H. 3. 1~)	○
"		今津 司 *	(H. 3. 1~)	
"		桑辺 行正 *	(S. 56. 4~)	○
"		鳥井 康司 *	(S. 56. 4~S. 61. 3)	
"		松島 巖 *	(S. 56. 4~)	
"		三浦 尚人 *	(S. 56. 4~S. 59. 3)	
"		渡辺 常安 *	(S. 56. 4~S. 59. 3)	
"		石沢 隆生	(S. 56. 4~S. 57. 3)	
"		福原 幸雄	(S. 58. 4~S. 62. 3)	
"		佐伯 迪昭	(S. 59. 4~S. 62. 3)	
"		田中 明広	(S. 56. 4~S. 61. 3)	
"		平部 謙二	(S. 61. 4~S. 63. 3)	
"		八子 一了	(S. 63. 4~)	
"		三上 尚人 *	(S. 56. 4~)	
"		石岡 千里 *	(S. 62. 4~H. 2. 3)	
"		武生 博文 *	(H. 2. 4~)	
"		別所 清 *	(S. 62. 4~H. 2. 6)	
"		中村 厚 *	(H. 2. 7~)	
"		佐藤 政勝	(S. 56. 4~)	
"		小島久次郎	(S. 56. 4~S. 57. 4)	
"		荒木 桂蔵	(S. 56. 4~S. 60. 6)	
"		岡田 道夫	(S. 60. 7~S. 63. 5)	
"		中条 行雄	(S. 63. 6~)	
"		清水 健次	(S. 56. 4~)	
"		井上 昭彦	(S. 56. 4~S. 59. 7)	
"		三浦 正美	(S. 56. 4~)	
"		木村 京次	(S. 57. 4~S. 59. 12)	
"		佐藤 一郎	(S. 60. 4~)	
(社)日本橋梁建設協会		長谷川 鑑一	(S. 56. 4~H. 1. 3)	○
"		松田 真一	(H. 1. 4~)	○
"		菅野 照造	(S. 57. 4~S. 62. 3)	
"		平井 陽一	(S. 62. 4~)	
"		下瀬 健雄	(S. 56. 4~)	○
"		庄司 吉弘	(S. 56. 4~H. 2. 3)	○
"		加納 勇	(H. 2. 4~)	○
"		長尾 美廣	(S. 60. 4~)	○
"		矢野 久元 *	(S. 56. 4~S. 63. 3)	○
"		川村 友見 *	(S. 63. 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。

●
●
図表、写真等

1. 共同研究の全体計画

表-1.1 暴露試験の概要

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 (1)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 W2200×H1000× L2100(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。	"	"	(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。 溶接部の余盛有と余盛無の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 ³⁾ のものを使用 ボルトは1社のものを使用 板はB鋼種	いずれもF10T, M22 — 降水有, 降水無の2種類がある 寸法250×410×41mm " 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 (1)を参照
(6)表面処理暴露試験 ⁴⁾	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は当初、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

年 度	昭和								平成			
項 目	56	57	58	59	60	61	62	63	元	2	3	備 考
暴 露 試 験												
全 国 暴 露 試 験	①	㊸㊹ 第1回回収 (1年目)		㉕㉖ 第2回回収 (3年目)		㊰㊱ 第3回回収 (5年目)		㊲㊳ 第4回回収 (7年目)		第5回回収 (9年目)		写真集(㊴), まとめ(㊵) 予備試験片あり
部 位 別 暴 露 試 験	①					第1回回収		第2回回収		第3回回収 疲労試験(㊶)		予備試験片を61年度分とした。
大 型 暴 露 試 験		①										
大 型 試 験 体			第1回観察		第2回観察		第3回観察			回収		
小 型 試 験 片						第1回回収				疲労試験(㊷) 第2回回収		
溶接継手暴露試験						第1回回収				第2回回収 疲労試験(㊸)		
耐候性高力ボルト暴露試験				㉗								
A試験片(ボルト暴露)						第1回回収		㊺ 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	①					第1回回収				第2回回収		予備試験片あり
環境条件調査(NaCl, SO ₂)		全国41箇所※1 新潟3箇所※2 } ㉘			塩分拭取調査 全国41箇所		凍結防止剤の影響調査(㉙) 関ヶ原付近29箇所					※1 全国暴露試験関連 ※2 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)								
点検要領の作成						㉚		トラス等他構種への適用検討 適用可能地域の検討				
								維持管理に関する検討(㉛)				

○内番号は各調査に関連する共同研究報告書の番号を示す。①、Ⅶは調査概要。(報告書については表-1.6 参照)

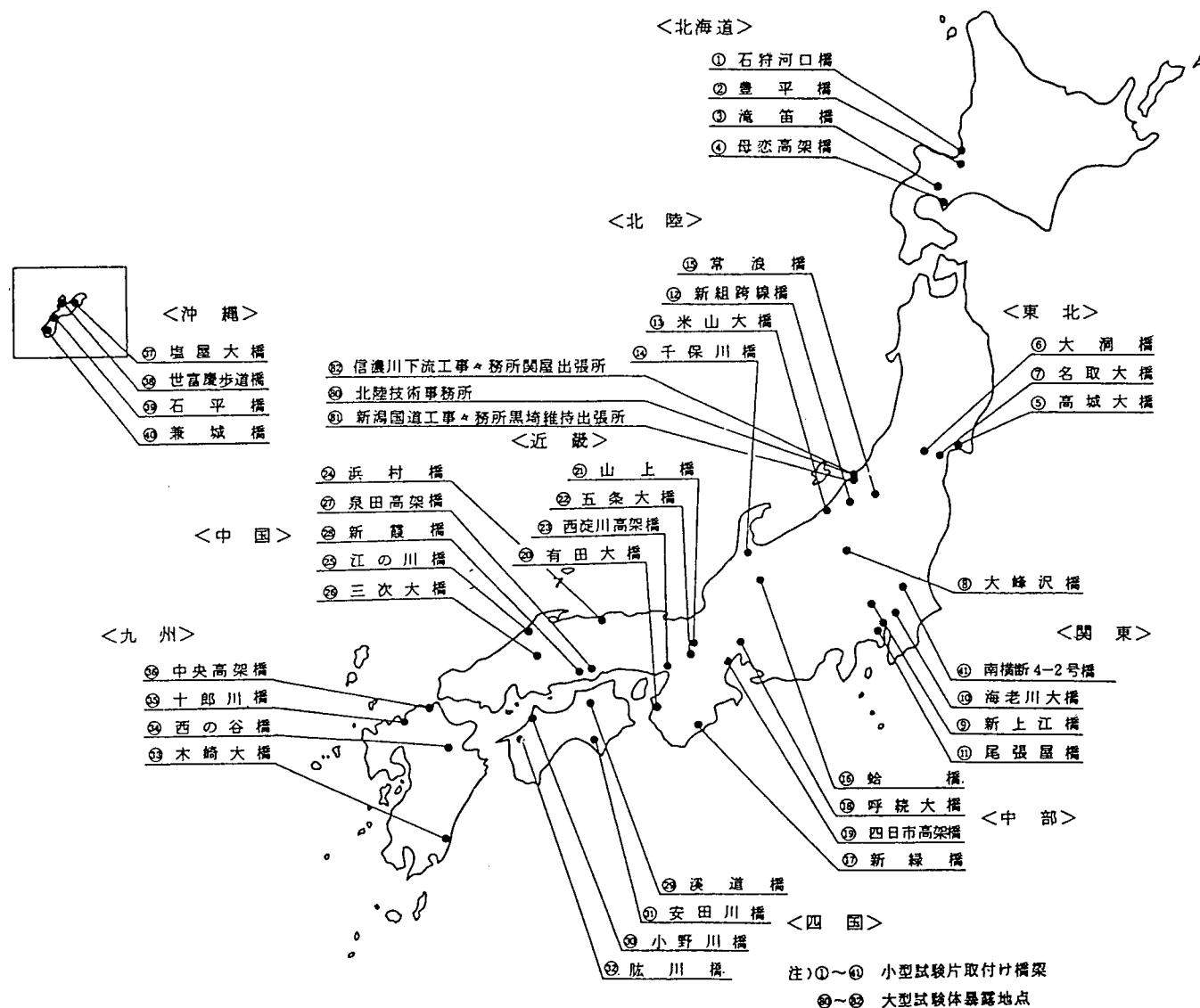


図-1.1 耐候性鋼材暴露試験実施場所

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/100cm ² /day)	亜硫酸ガス濃度 ²⁾ (mgSO ₂ /100cm 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	石狩湾に面し海岸部	0.198	0.067	1.5	○					○	1
	2	豊平橋	国道36号 札幌市	札幌市内・都市部	0.015	0.079	15.0	○					○	2
	3	豊田橋	国道276号 千歳市	支笏湖側・山間部	0.021	0.000	40.0	○			○		○	3
	4	母恋高架橋	国道36号 室蘭市	室蘭市内・工業地帯太平洋岸	0.074	0.036	1.5	○					△	4
東北	5	高城大橋	国道15号 松島町	松島湾に面し海岸部	0.084	0.005	1.4	○					○	5
	6	大洞橋	国道48号 東根市	宮城—山形県境近く・山間部	0.007	0.002	45.0	○			○		○	6
	7	名取川大橋	国道4号 仙台市	仙台市内・都市部	0.029	0.026	8.0	○					△	7
関東	8	大峰沢橋	国道17号 利根郡新治村	三河峠側・山間部	0.005	0.001	155.0	○					△	8
	9	新上江橋	国道16号 大宮市	大宮市内・田園部	0.040	0.052	35.0	○					△	9
	10	海老川大橋	国道357号 船橋市	東京湾に面し工業地帯	0.093	0.140	0.0	○			○		○	10
	11	尾張屋橋	国道16号 横浜市	横浜市内・都市部	0.014	0.067	2.0	○			○		○	11
北陸	12	新組路線橋	国道8号 長岡市	長岡市内・田園部	0.090	0.050	15.0	○					○	12
	13	米山大橋	国道8号 柏崎市	日本海に面し海岸部(塩害問題)	0.341	0.023	0.3	○	○		○		○	13
	14	千保川橋	国道8号 高岡市	高岡市内・工業地帯	0.042	0.063	6.0	○					△	14
	15	常浪橋	国道49号 津川町	新潟—福島県境近く・山間部	0.012	0.003	43.0	○					△	15
中部	16	蛤橋	国道41号 古川町	高山附近・山間部	0.013	0.030	57.0	○					△	16
	17	新緑橋	国道42号 御浜町	熊野灘に面し海岸部	0.148	0.019	0.2	○					○	17
	18	呼続大橋	国道1号 名古屋市	名古屋市内・都市部	0.016	0.268	4.0	○					△	18
	19	四日市高架橋	国道23号 四日市市	四日市市・工業地帯	0.041	0.109	1.6	○					△	19
近畿	20	有田大橋	国道42号 有田市	紀伊水道に面し海岸部	0.078	0.099	1.8	○					△	20
	21	山上橋	国道161号 大津市	琵琶湖近く・山間部	0.011	0.027	52.0	○					○	21
	22	五条大橋	国道1号 京都市	京都市内・都市部	0.020	0.036	48.0	○					○	22
	23	西淀川高架橋	国道43号 大阪市	大阪市・工業地帯	0.076	0.245	2.0	○			○		○	23
中国	24	浜村橋	国道9号 気高郡宝木	山陰・日本海に面し海岸部	0.856	0.028	0.1	○	○		○		○	24
	25	江の川橋	国道9号 江津市	"	0.052	0.065	1.0	○					△	25
	26	三次大橋	国道54号 三次市	三次市附近・山間部	0.022	0.010	56.0	○					△	26
	27	泉田高架橋	国道2号 岡山市	岡山市内・都市部	0.053	0.242	4.7	○					△	27
四国	28	新霞橋	国道2号 倉敷市	倉敷市・工業地帯	0.021	0.071	4.0	○					○	28
	29	溪道橋	国道32号 財田町	香川—徳島県境近く・山間部	0.003	0.018	15.0	○					○	29
	30	小野川橋	国道33号 松山市	松山市内・都市部	0.018	0.071	7.6	○					○	30
	31	安田川橋	国道55号 安田町	土佐湾に面し海岸部	0.231	0.033	0.1	○			○		△	31
九州	32	駄川橋	国道56号 大州市	大州盆地内・きわめて多湿	0.016	0.015	13.0	○					△	32
	33	木崎大橋	国道220号 宮崎市	日向灘に面し海岸部	0.178	0.036	0.8	○					△	33
	34	西の谷橋	国道210号 玖珠郡檜原	大分県・山間部	0.012	0.013	24.0	○			○		△	34
	35	十郎川橋	国道202号 福岡市	福岡市近郊・都市部	0.080	0.032	1.8	○					△	35
沖縄	36	中央高架橋	国道3号 北九州市	北九州市・工業地帯	0.017	0.118	4.5	○					△	36
	37	塩屋大橋	国道58号 大宜味村	塩屋湾に面し海岸部	0.564	0.001	0.0	○	○		○		○	37
	38	世富慶歩道橋	国道58号 名護市	名護湾に面し海岸部	0.181	0.059	0.3	○					△	38
	39	石平橋	国道330号 沖縄市	南部・山間部	0.064	0.004	2.8	○					○	39
土研	40	兼城橋	国道329号 南風原町	"	0.057	0.002	3.5	○					△	40
	41	南横新4-2号橋	土木研究所内道路	筑波田園部	0.009	0.023	45.0	○				○	○	41
	80	事務所屋上	北陸技術事務所	信濃川沿い(海岸から4km)	0.100	0.035	4.0			○	○			80
北陸	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6km)	0.073	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0.2km)	0.558	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とアレバレンの被膜の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。ア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が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吹い上げ、錆汁の流出を防止し、錆安定化する。チョコレート色。

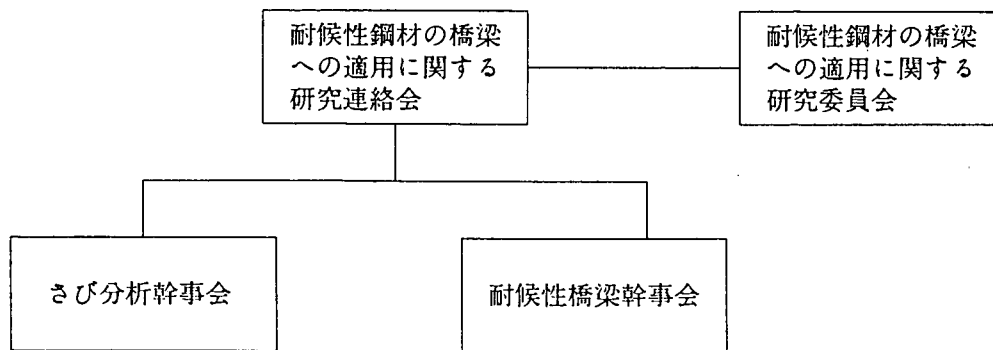


図-1.2 共同研究の組織図

表-1.5 幹事会の作業分担

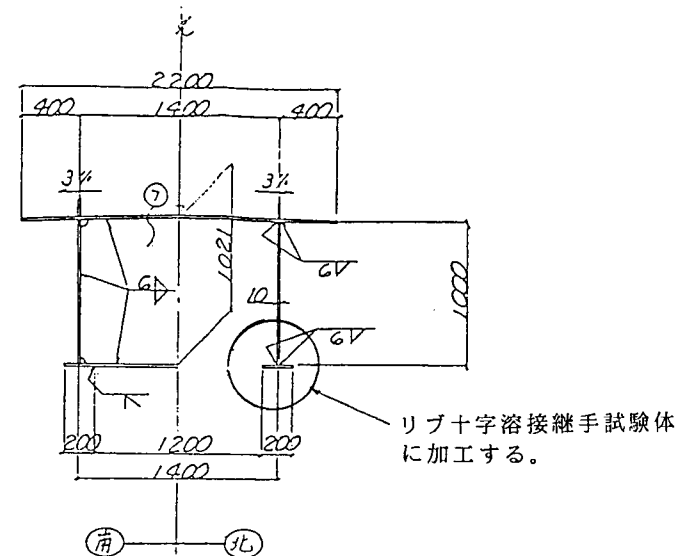
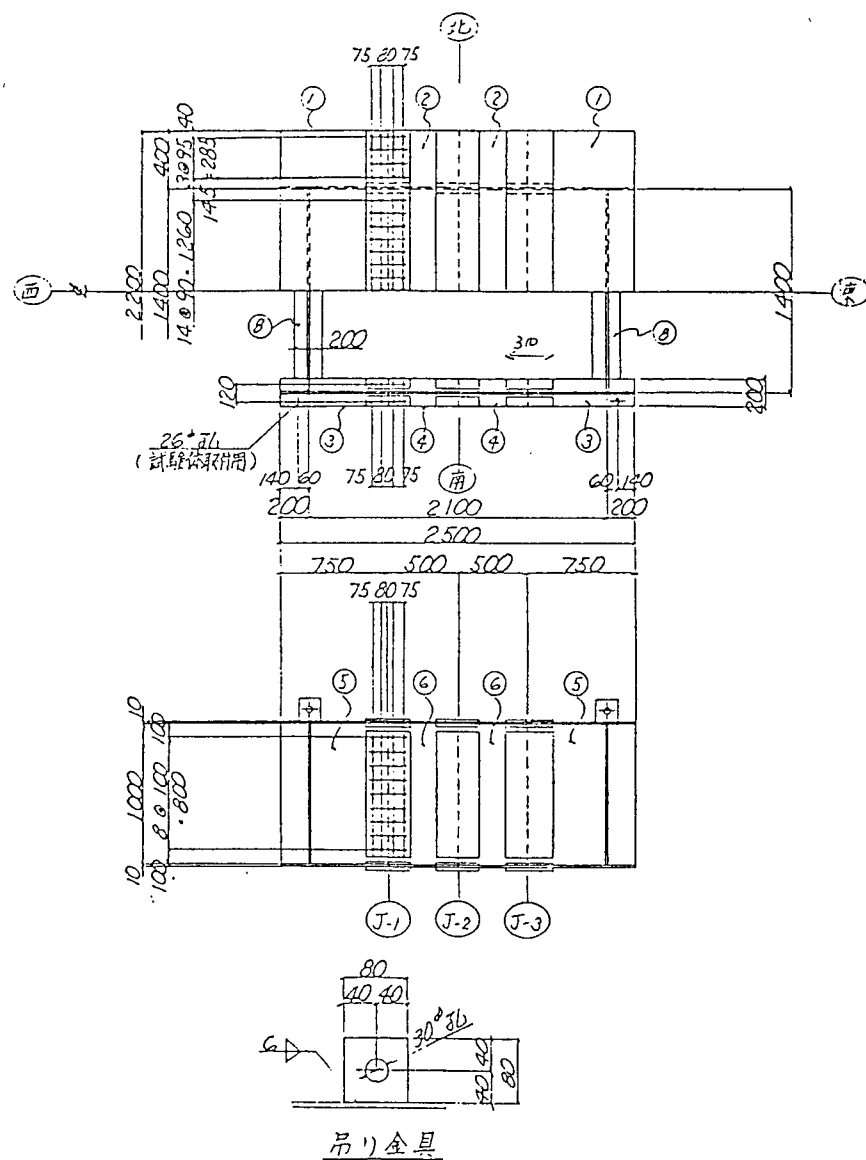
幹 事 会 名	作 業 内 容
さび分析幹事会	各暴露試験の化学分析 各暴露試験の重量分析
耐候性橋梁幹事会	耐候性鋼材を橋梁に適用する際の問題点の検討

表-1.6 「耐候性鋼材の橋梁への適用に関する共同研究報告書」のリスト

通し番号	サ ブ タ イ ト ル	作成年月	土木研究所における刊行物としての登録番号	登録年月
I	---	S.58.11	土木研究所資料 1835号	S.57.4
II	暴露試験片の第一回化学分析調査結果	S.59.3	共同研究報告書 第7号	S.63.1
III	暴露試験片の第一回腐食量調査結果	S.59.3	土木研究所資料 1984号	S.58.3
IV	環境条件調査結果	S.60.3	共同研究報告書 第8号	S.63.1
V	暴露試験片の第二回化学分析調査結果	S.63.1	共同研究報告書 第9号	S.63.1
VI	暴露試験片の第二回腐食量調査結果	S.61.3	共同研究報告書 第10号	S.63.1
VII	耐候性高力ボルトの暴露試験	S.60.3	共同研究報告書 第11号	S.63.1
VIII	無塗装耐候性橋梁の設計施工要領(案)	S.61.3	共同研究報告書 第12号	S.63.1
IX	暴露試験片の第三回及び 第四回化学分析調査結果	H.1.12	共同研究報告書 第33号	H.1.12
X	暴露試験片の第三回及び 第四回腐食量調査結果	H.1.12	共同研究報告書 第30号	H.1.12
X I	耐候性高力ボルト暴露試験の第一回及び 第二回調査結果	H.1.12	共同研究報告書 第34号	H.1.12
X II	暴露試験片の写真集	H.1.12	共同研究報告書 第35号	H.1.12
X III	無塗装耐候性橋梁の点検要領(案)	H.3.3	共同研究報告書 第57号	H.3.3
X IV	環境条件調査結果 2		共同研究報告書 第 号	
X V	全国暴露試験のまとめ	H.4.3	共同研究報告書 第71号	H.4.1
X VI	暴露試験片の疲労試験結果	H.4.3	共同研究報告書 第70号	H.4.1

- 注 1) I, IIIは、土木研究所資料として印刷、ただし、Iのタイトルは「耐候性鋼材の全国暴露試験」
 2) 1)の印刷以降、I～VIIIを土木研究所の登録番号なしで逐次印刷
 3) 昭和62年2月に土木研究所において共同研究報告書の様式が制定されたのに伴い、II, IV～VIIIを共同研究報告書として印刷
 4) IX以降は、共同研究報告書として印刷

2. 大気暴露したリブ十字溶接継手試験体の
疲労強度に関する検討



材料表 (製作台數 $Z=3$)

頁數	形狀・寸法	重量 ^M	備考
(1)	2 π - 2200 x 10 x 750	259	
(2)	2 " - 2200 x 10 x 500	173	
(3)	4 " - 200 x 10 x 750	47	
(4)	4 " - 200 x 10 x 500	31	
(5)	4 " - 1000 x 10 x 750	236	
(6)	4 " - 1000 x 10 x 500	157	
(7)	2 " - 1021 x 10 x 1390	223	
(8)	2 " - 200 x 10 x 1200	38	
(9)	3 " - 310 x 10 x 2200	161	
(10)	3 " - 310 x 10 x 1340	98	
(11)	6 " - 310 x 10 x 365	53	添接材
(12)	6 " - 200 x 10 x 310	29	
(13)	12 " - 80 x 10 x 310	23	
(14)	12 " - 310 x 10 x 900	263	
(15)	4 " - 80 x 10 x 80	2	
(16)	540 HTB - M22 x 70	300	
合 計		2093	

特記

1. 鋼材の材質は SFA50W
(新 JIS 規格の中央値)
2. 高力ボルトは F10TW,
全て工場締めとする。
3. 吊持材の摩滅年数
J-1 — 4年
J-2 — 8年
J-3 — 1年偏
4. 本図面の材料は全て熱型炭
とする
5. 吊架すべ試験片及び取付
取台は別紙参照

図-2.1 箱型暴露試験体の寸法形状

表-2.1 箱型暴露試験体の暴露場所と海岸からの距離

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

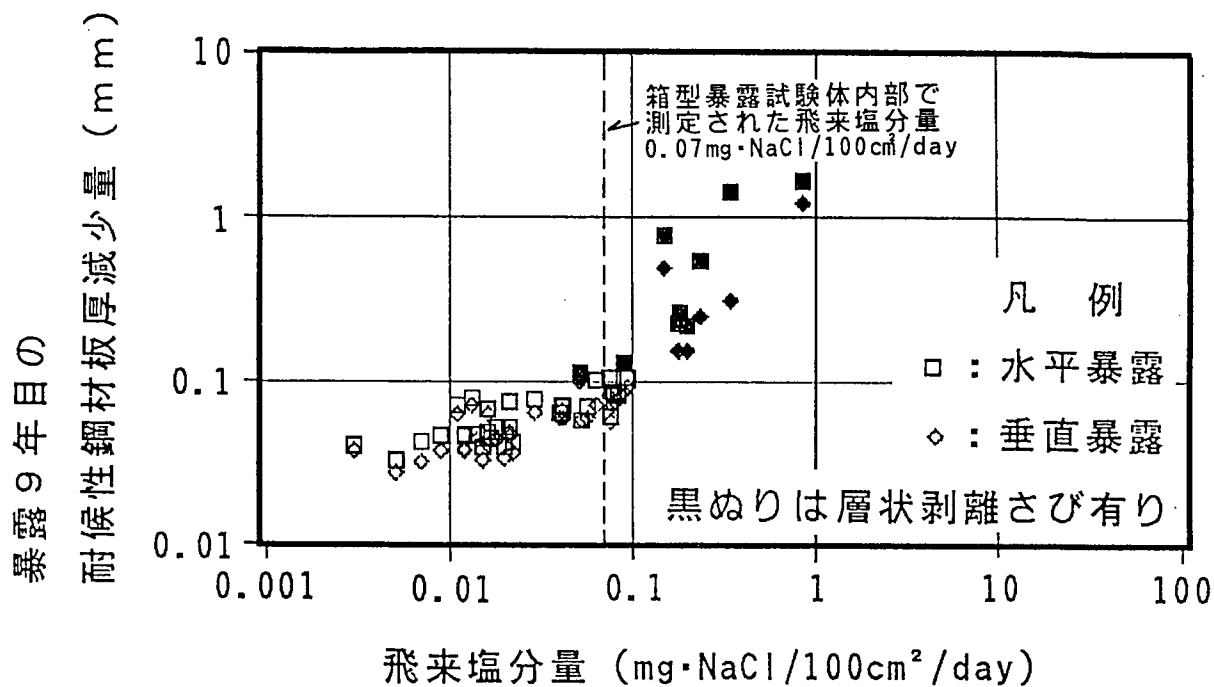


図-2.2 飛来塩分量と暴露9年目の板厚減少量の関係

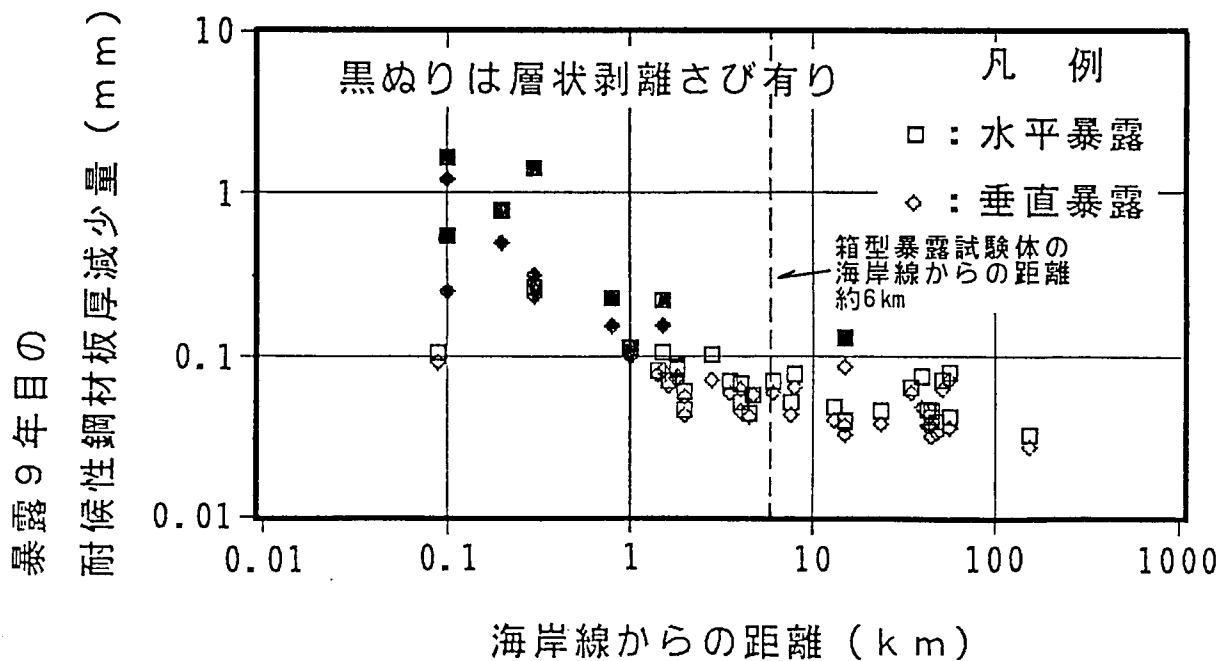


図-2.3 離岸距離と暴露9年目の板厚減少量の関係

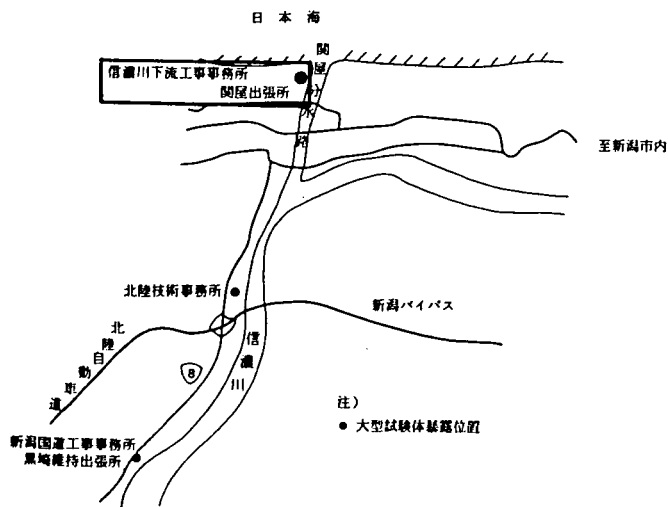


図-2.4 箱型暴露試験体の暴露位置図
(関屋出張所、海岸から約200m)

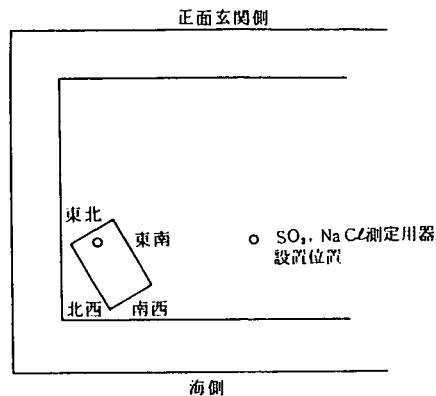


図-2.5 箱型暴露試験体の設置状況図
(関屋出張所)

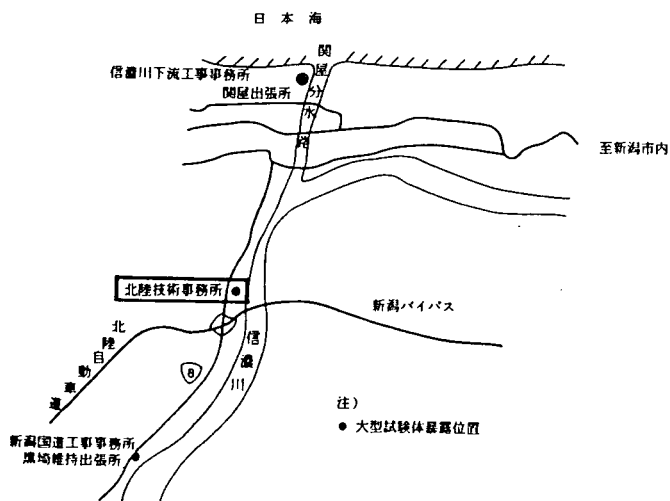


図-2.6 箱型暴露試験体の暴露位置図
(北陸技術事務所、海岸から約4km)

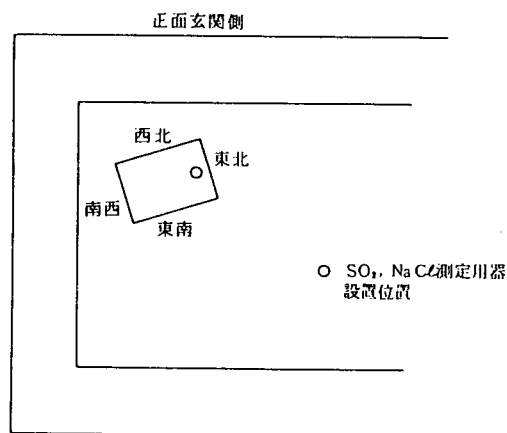


図-2.7 箱型暴露試験体の設置状況図
(北陸技術事務所)

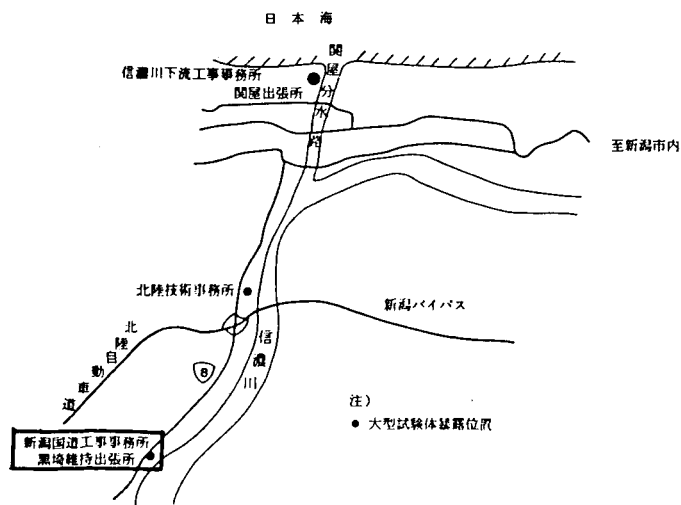


図-2.8 箱型暴露試験体の暴露位置図
(黒埼維持出張所、海岸から約6km)

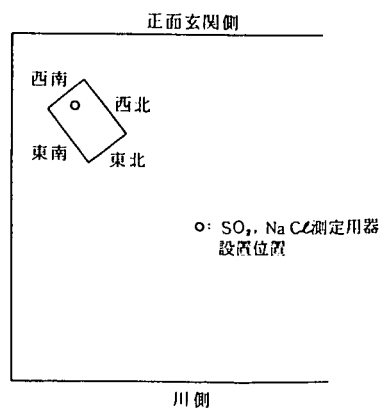
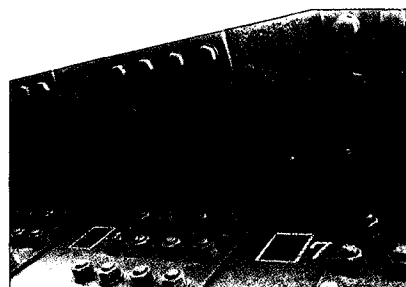


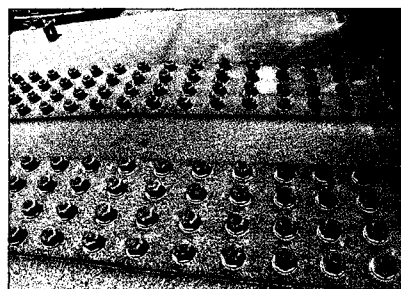
図-2.9 箱型暴露試験体の設置状況図
(黒埼維持出張所)



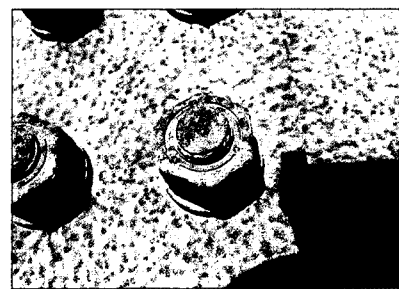
外側上フランジとウェブ（海側）



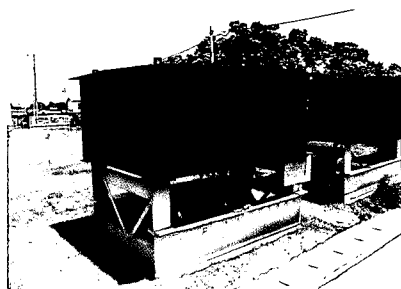
外側上フランジとウェブ詳細



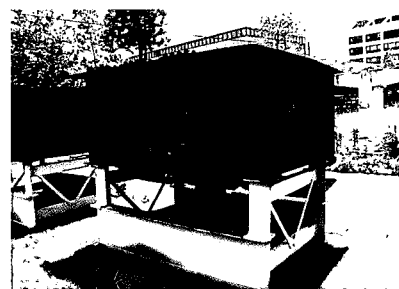
屋根部



屋根部詳細



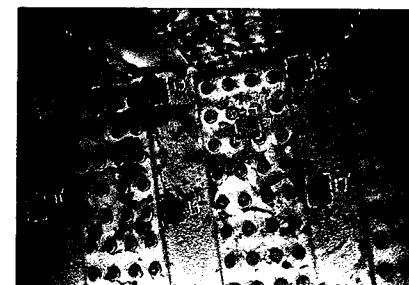
全景（陸側）



全景（海側）



内側その1（陸側）



内側その2（陸側）



内側下フランジ上面とウェブ



下フランジ下面

写真-2.1 箱型暴露試験体の状況写真
（関屋出張所）

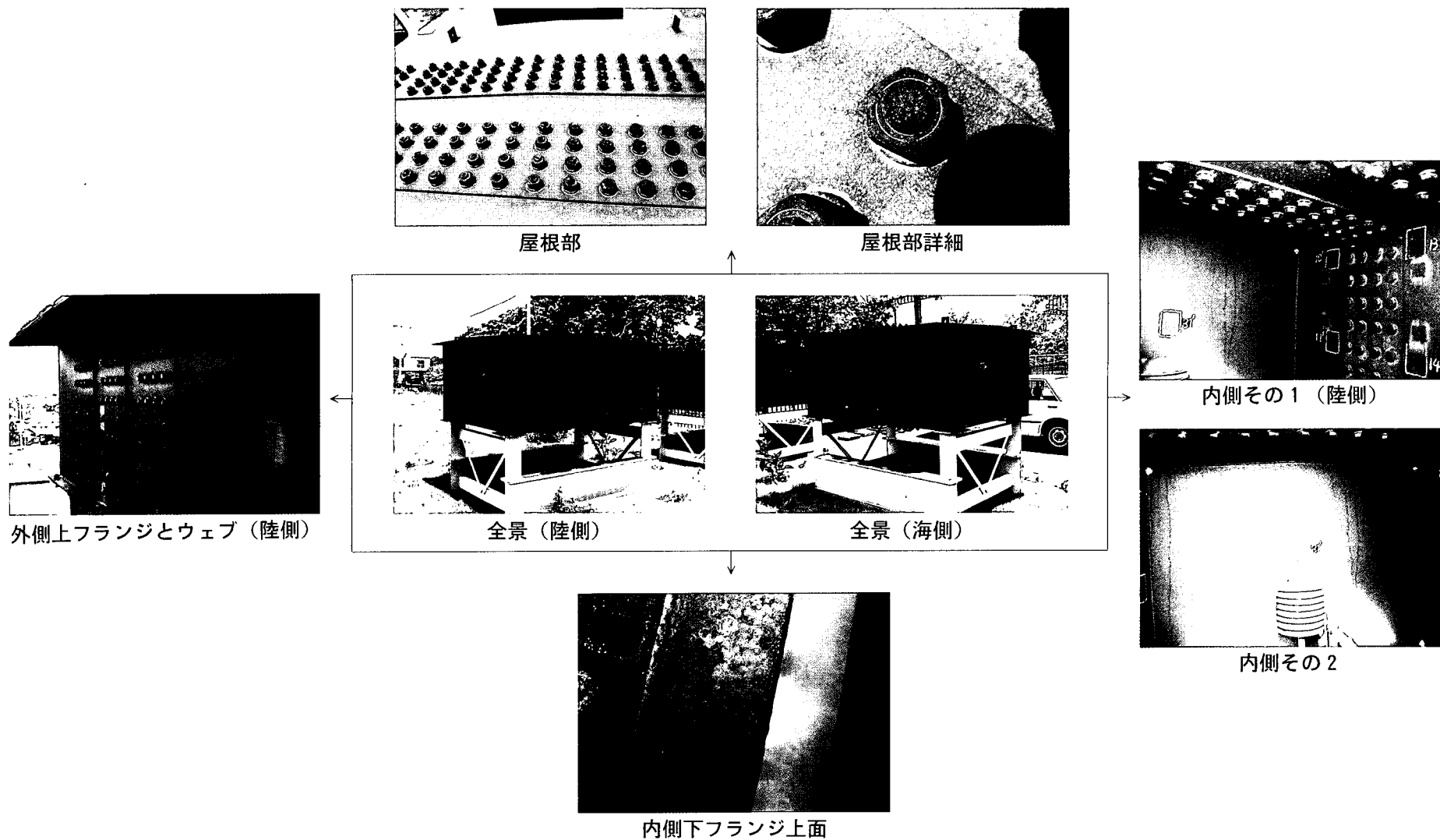
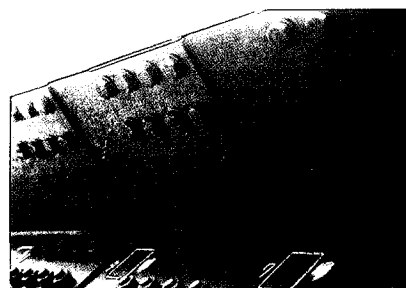
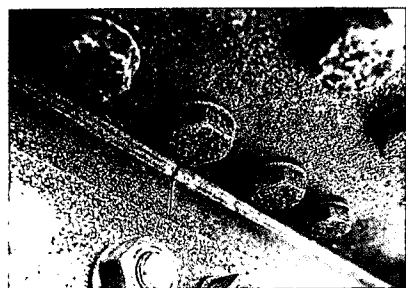


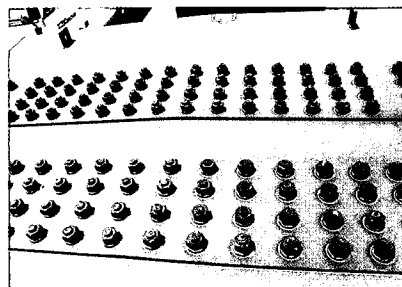
写真-2.2 箱型暴露試験体の状況写真
（北陸技術事務所）



外側上フランジとウェブ（海側）



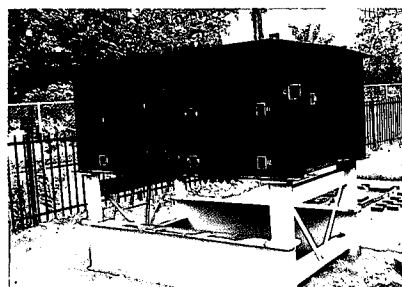
外側上フランジとウェブ詳細



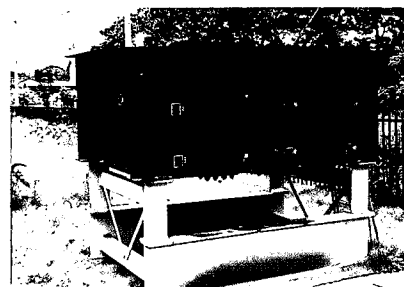
屋根部



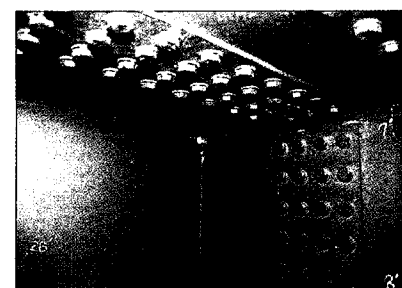
屋根部詳細



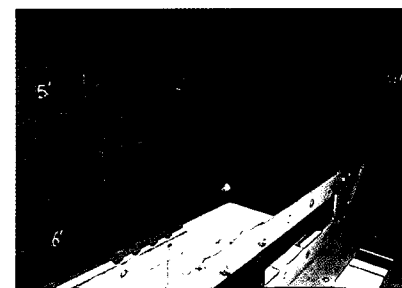
全景（陸側）



全景（海側）



内側その1（陸側）



内側その2（陸側）



下フランジ下面

写真-2.3.1 箱型暴露試験体の状況写真
（黒埼維持出張所）

表-2.2 大型暴露試験体・調査結果総括表(平成2.5.29.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 板厚測定結果	⑤ 腐食抵抗値測定結果
関屋、北陸技術事務所、黒崎、の3ヵ所に暴露した大型試験体について、8年目の調査を行った。今回は、疲労試験等の実施の為に早めに調査し、暴露期間は実質上7年半であった。 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 板厚測定 ⑤ 腐食抵抗値測定(Rust stability tester) 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 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とする。 ⑤ 腐食抵抗値測定(Rust stability tester) 錆の安定度を電気抵抗値でとらえる。簡単な装置と技術で測定可能である。	3 供試体の外観観察を行い、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: 供試体の形状が全体に同じ程度の錆化で、評価は低い。 *フランジ外側上面: 日照降雨を受け、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進く、供試体Ⅰは層状剥離が激しい。 ② 方向 西>北>東>南の順序で、さびの安定化が進んでいる。 ③ 暴露位置 供試体Ⅲ>Ⅱ>Ⅰの順序でさび安定化の程度の評価順序になるが、供試体Ⅰには、安定さびの形成は期待出来ない。 (総合評価) *予想通り、供試体Ⅰにはさびの安定化は期待出来ない。 *供試体Ⅱも、形状の為に内側はこもる状態となり、部位別の変化が少なくさびは粗い。 *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 各供試体から部位毎にハイテンボルトを抜いて、首部の錆の状態を観察したが、さび化は殆どなく供試体Ⅰについても、さび化はなかった。	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)295点(81箇所) 供試体Ⅱ(北陸)379点(81箇所) 供試体Ⅲ(黒崎)355点(82箇所) ② ウェブの内側と外側 内側 外側 (24箇所) (24箇所) Ⅰ(関屋) 85点 92点 Ⅱ(北陸) 116点 118点 Ⅲ(黒崎) 104点 103点 ① 全体的評価の結果は、評価点数がいずれの試験体についても増加しており、さびの安定化の方向に向かっている部分が多くなっている。 前回の調査結果の順と同様で海岸から中間距離にある北陸技術事務所の試験体が最も高く、次いで黒崎維持出張所であり、海岸から至近地にある関屋出張所が最も低い。 ② ウェブの外側と内側の評価結果は、全試験体とも評価点数が増えている。 比較すると、傾向としては、関屋出張所では外側の方が内側より高い点数になっている。 黒崎維持出張所と北陸技術事務所では、内外で差はない状況になっている。 *今回、フェロキシル試験の方法の標準化のために、大型試験体で試験を行った。 結果は、竹ブラシによる表面の清掃によりフェロキシル試験の標準化が出来ることが判った。	セロテープに表面の残存錆を付着させ、その程度を見る簡便な方法である。 1) 3 供試体について、各6ヵ所に試験をおこなった。 2) 定量的な評価基準はないが、目視感覚によって、さびの安定度を評価することが出来た。 3) さびの安定さび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、安定さびの評価の参考に使えるものと考えられる。	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ーと超音波厚計で測定した。超音波厚計の測定結果を記述する。 1) 供試体Ⅰ(関屋) 個所 3年目 5年目 8年目 16 10.29mm →10.34mm →10.27 17 10.38 →10.37 →10.34 18 10.37 →10.10 →9.35 19 10.45 →10.48 →10.42 A 9.91 →8.95 →8.31 B 10.43 →10.35 →10.36 C 10.52 →10.49 →10.51 2) 供試体Ⅱ(北陸) 個所 3年目 5年目 8年目 5 10.53 →10.50mm →10.44 16 10.57 →10.53 →10.43 17 10.57 →10.57 →10.47 18 10.55 →10.55 →10.43 19 10.41 →10.41 →10.35 A 10.68 →10.69 →10.54 C 10.29 →10.31 →10.21 B 10.55 3) 供試体Ⅲ(黒崎) 個所 3年目 5年目 8年目 8 10.54mm →10.49mm →10.48 16 10.58 →10.55 →10.53 17 10.52 →10.47 →10.45 18 10.49 →10.47 →10.45 19 10.55 →10.54 →10.53 A 10.64 → — →10.51 B — →10.54 →10.50 C 10.54 →10.51 →10.49	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、この装置を用いて測定した。 1) 供試体Ⅰ(関屋) 個所 5年目 8年目 19 1.990 kΩ 3.86 16 0.177 0.37 17 1.860 0.22 18 3.280 1.31 A 3.720 2.05 C 2.130 1.56 B 1.620 0.95 2) 供試体Ⅱ(北陸) 個所 5年目 8年目 16 3.730 kΩ 1.33 17 2.980 1.81 18 1.830 12.77 5 2.540 1.52 19 1.780 1.19 C 2.260 1.03 B 1.540 1.41 E 2.850 1.97 A 1.191 0.57 3) 供試体Ⅲ(黒崎) 個所 5年目 8年目 16 2.210 kΩ 0.87 17 2.110 1.86 18 3.970 3.28 8 2.960 1.60 19 3.180 13.32 13 1.620 0.88 15 3.370 1.91 26' 1.018 0.88 A 0.838 0.79 C 2.810 1.71 B 1.920 1.09 8年目は、5年目より殆どの部位で数値が低く下がっている。

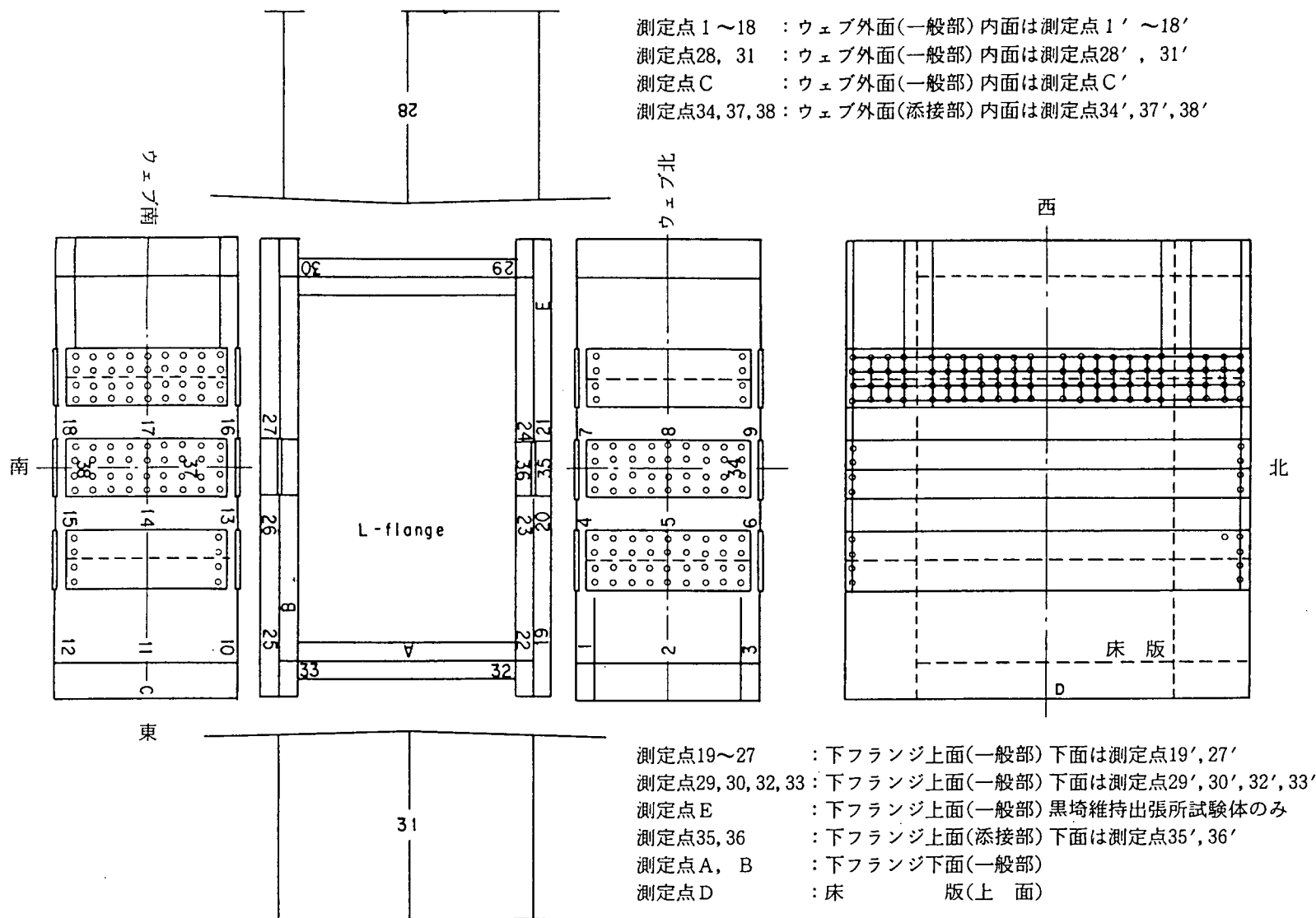


図-2.10 箱型暴露試験体の調査箇所図

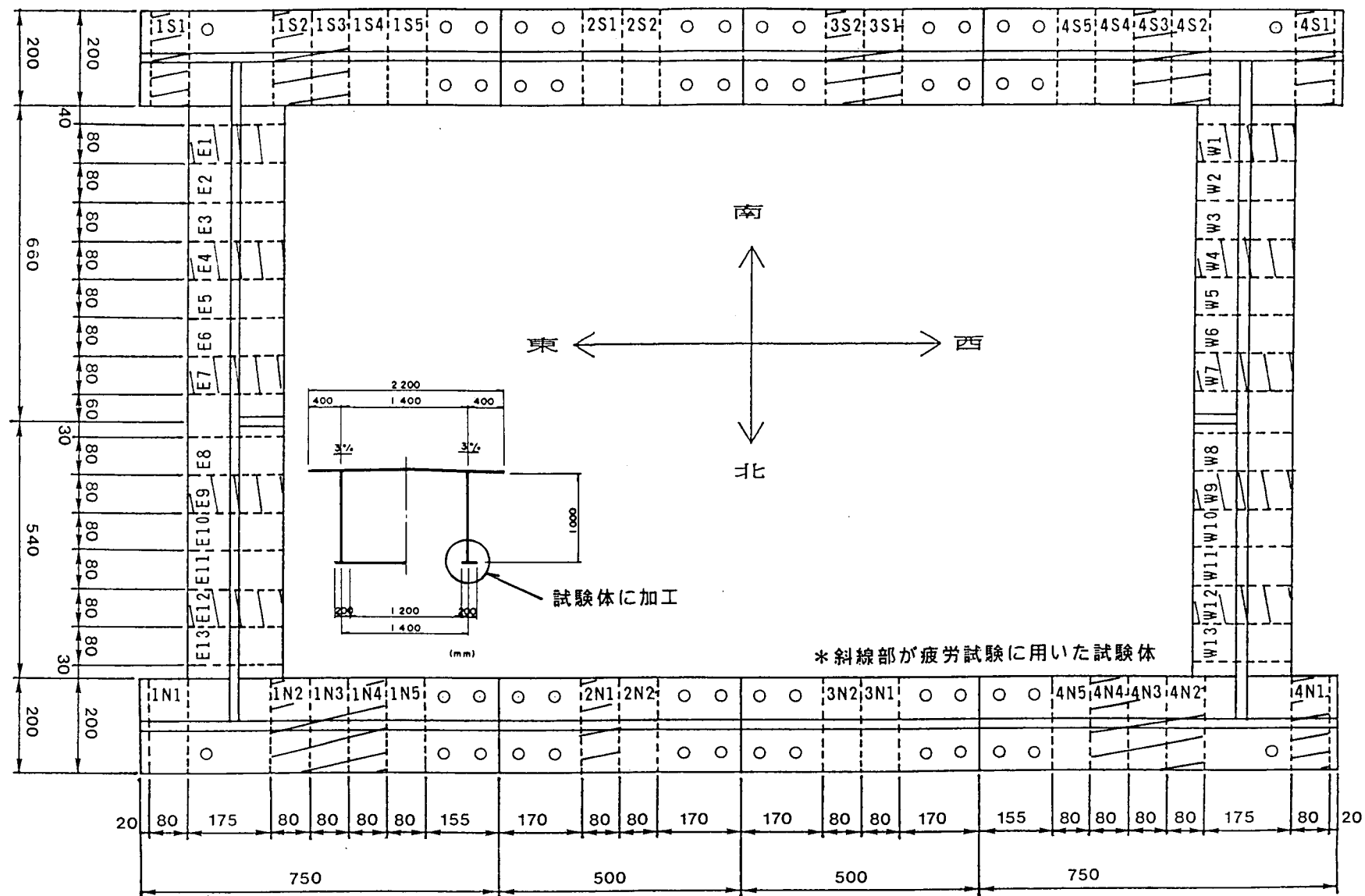
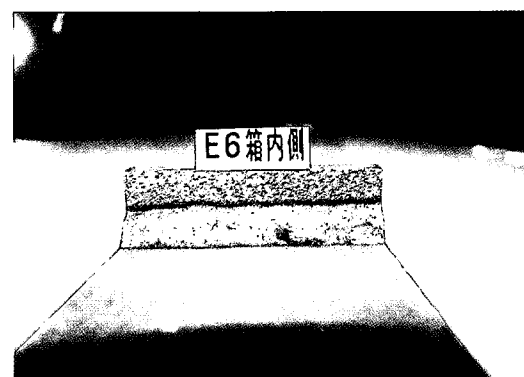
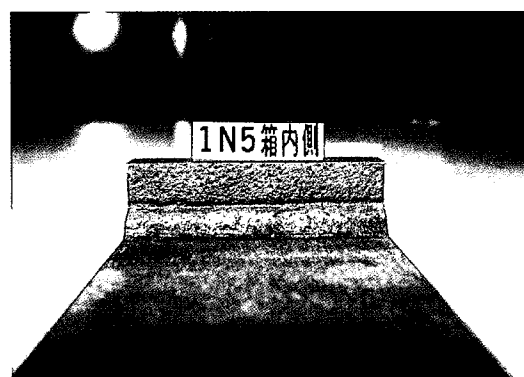
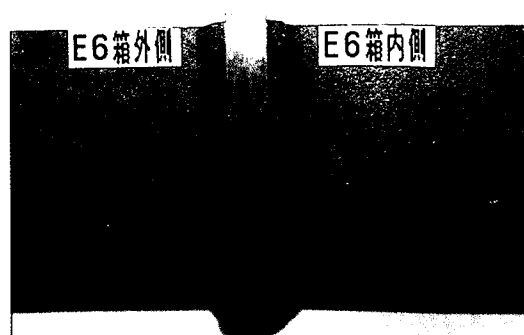


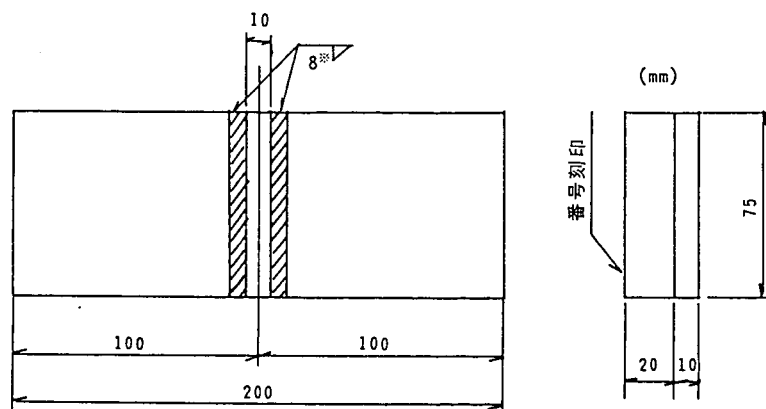
図-2.11 リブ十字溶接継手試験体採取位置 (斜線部が疲労試験に用いた試験体)



(1) 1 N 5 試験体

(2) E 6 試験体

写真-2.3.2 さびを化学的に除去した試験体¹³⁾の表面状況



※ 設計上は脚長6mmとしているが、実際に測定したところ8mm程度であった。

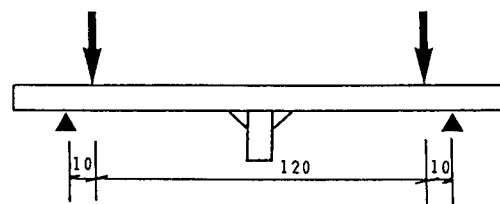


図-2.12 リブ十字溶接継手試験体の寸法形状および載荷方法

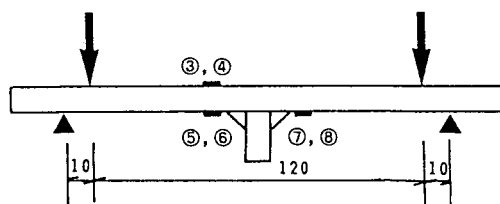
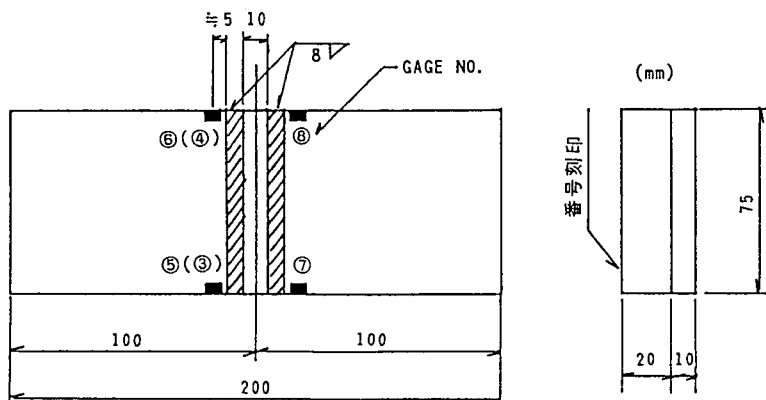


図-2.13 リブ十字溶接継手試験体へのひずみゲージ貼付位置
(静的載荷試験)

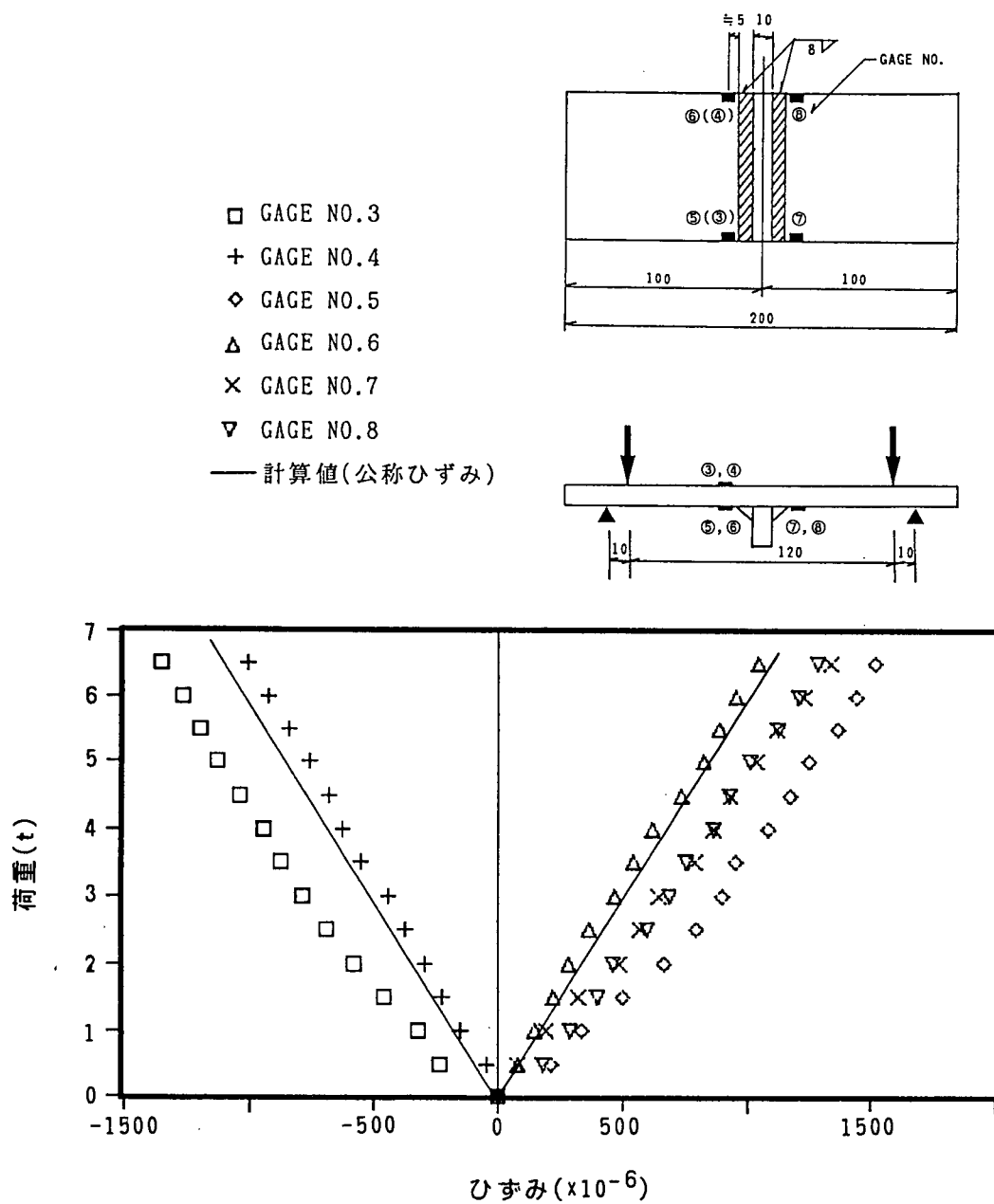


図-2.14 リブ十字溶接継手試験体の静的載荷試験結果(試験体2N1)

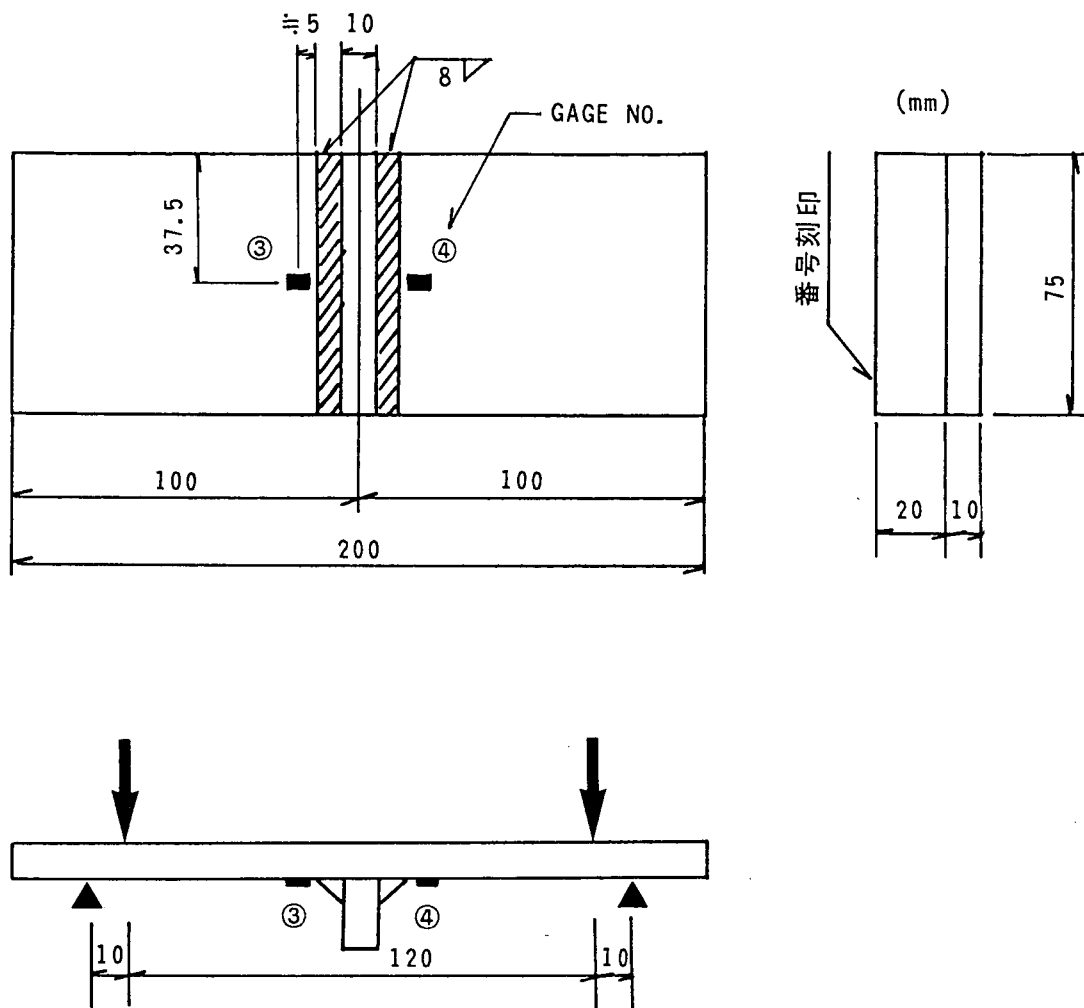


図-2.15 リブ十字溶接継手試験体へのひずみゲージ貼付位置
(疲労試験)

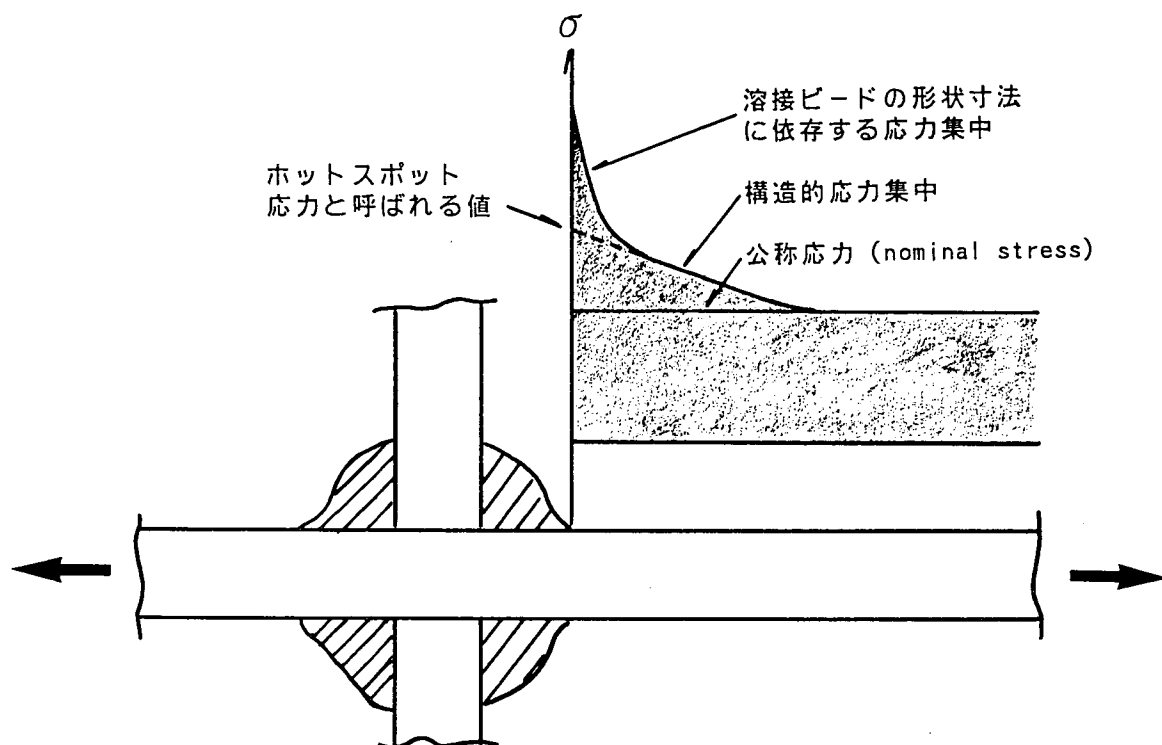


図-2.16(a) 溶接継手部の応力集中^{10) 11)}

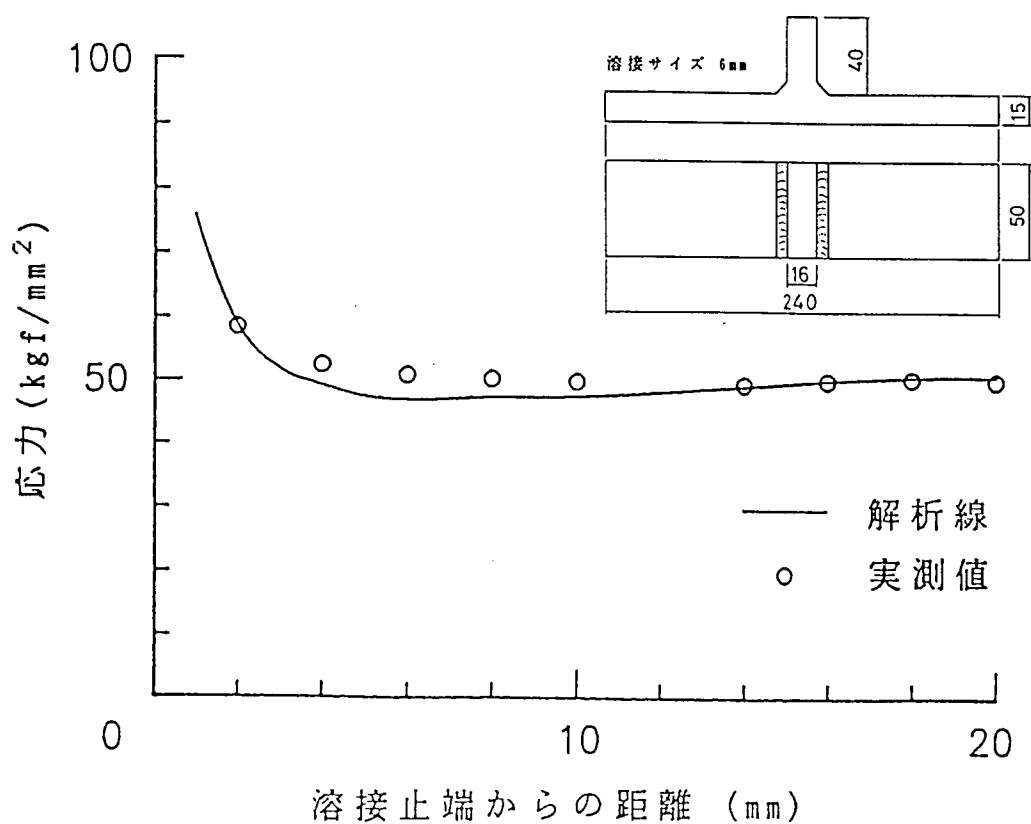
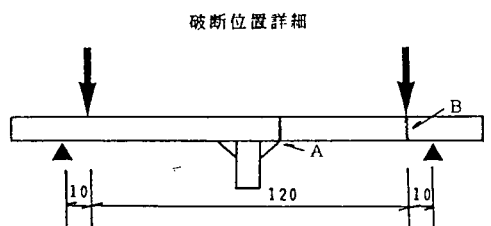


図-2.16(b) 純曲げが作用した場合の溶接止端部の応力分布¹²⁾

表-2.3 リブ十字溶接継手試験体疲労試験結果一覧表

試験体	荷重範囲(t)	載荷速度 (Hz)	応力範囲 ¹⁾ (kg/cm ²)	載荷回数 (×10 ⁶ cycles)	破断位置	備 考
1N2	0.5~10.5	10	3150	0.31	A	
1N3	0.5~7.5	10	2625	1.08	B	
1N4	0.5~11.5	8	2198	1.53	亀裂発生せず	
2N1	0.5~5.5	10	1514	4.00	亀裂発生せず	
4N1	0.5~10.5	8	2887	0.54	B	
4N2	0.5~10.5	8	2493	0.96	A	
4N3	15.5~2.9 16.3~7.6	10	3346 1575	0.21 0.20	A	ビーチマーク試験を実施。
4N4	0.7~8.6	10	2756	3.28	亀裂発生せず	
1S1	0.5~8.5	10	2559	0.55	A	
1S2	0.5~6.0	10	1837	4.40	亀裂発生せず	
1S3	0.5~9.5	8	2625	0.39	B	
3S1	0.5~12.5	10	3740	0.15	A	
3S2	15.5~2.9 16.3~7.6	10	2822 1247	0.60 0.60	A	ビーチマーク試験を実施。
4S1	0.5~11.5	8	3281	0.20	A	
4S2	0.5~9.5	8	3150	0.55	B	
4S3	0.7~8.6	10	2625	1.15	A	
E1	1.0~17.0	8	2887	0.19	A	
E4	0.7~6.4	10	2690	1.55	亀裂発生せず	
E7	0.5~7.5	10	2821	1.53	亀裂発生せず	
E9	0.5~9.0	10	3018	0.23	A	
E12	1.0~16.0	8	2821	0.49	B	
W1	1.0~14.2	8	2756	0.33	A	
W4	1.0~14.5	8	2690	0.64	B	
W7	1.0~13.0	8	2493	1.89	亀裂発生せず	
W9	0.5~9.0	10	2953	0.76	A	
W12	1.0~14.0	8	2559	0.39	A	

注1) 2枚のひずみゲージを用いてヒストグラムレコーダーで計測した値の平均値。



A : 溶接止端部

B : 治具による載荷点付近

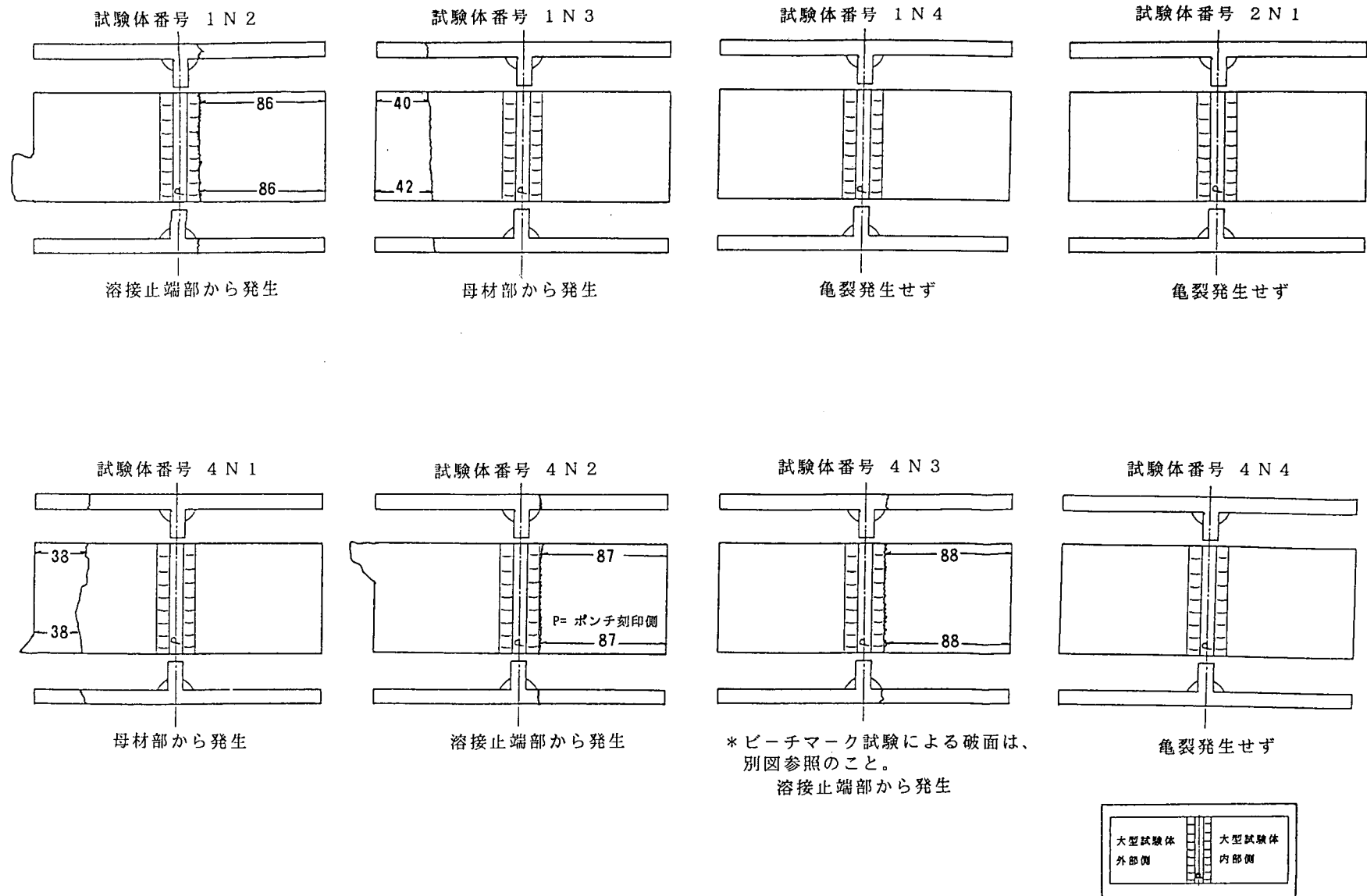


図-2.17(1) リブ十字溶接継手試験体亀裂発生位置

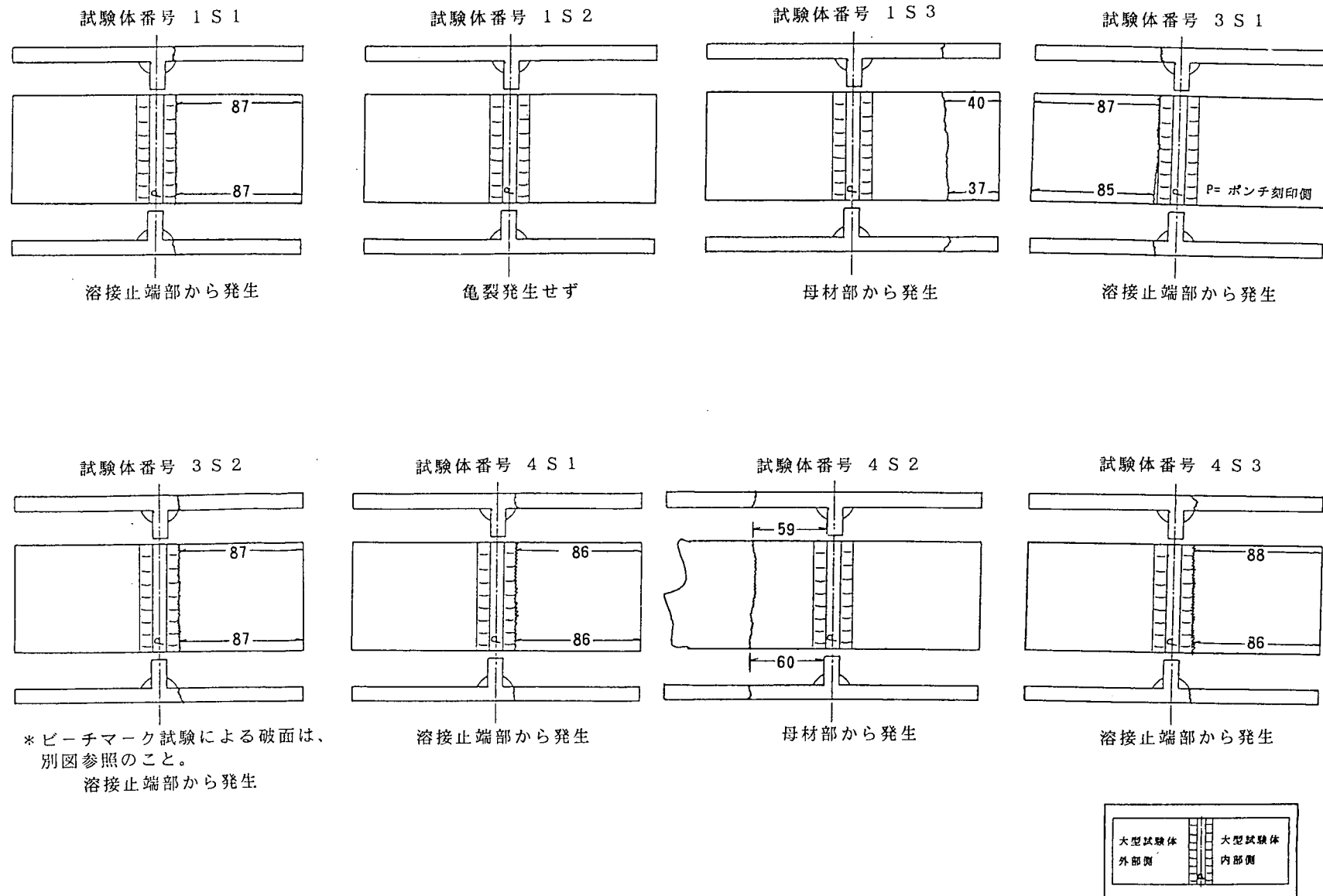


図-2.17(2) リブ十字溶接継手試験体亀裂発生位置

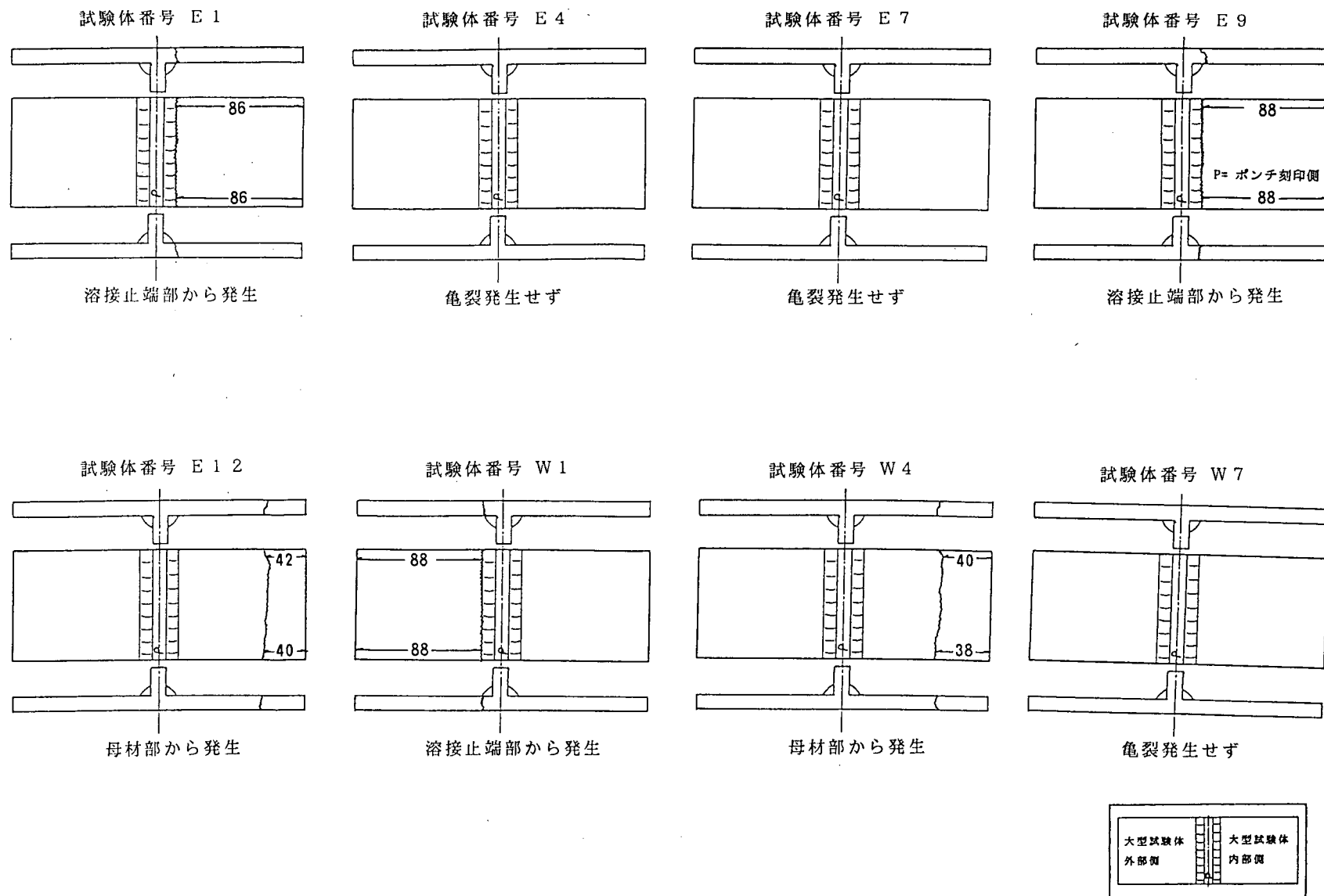


図-2.17(3) リブ十字溶接継手試験体亀裂発生位置

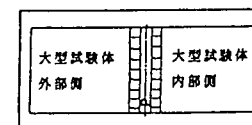
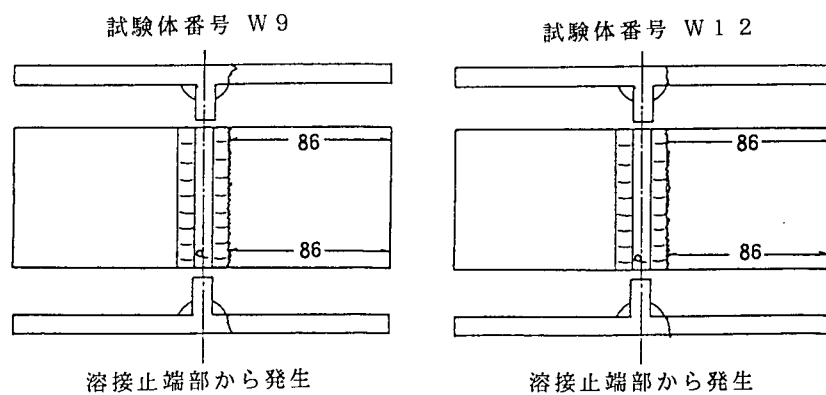
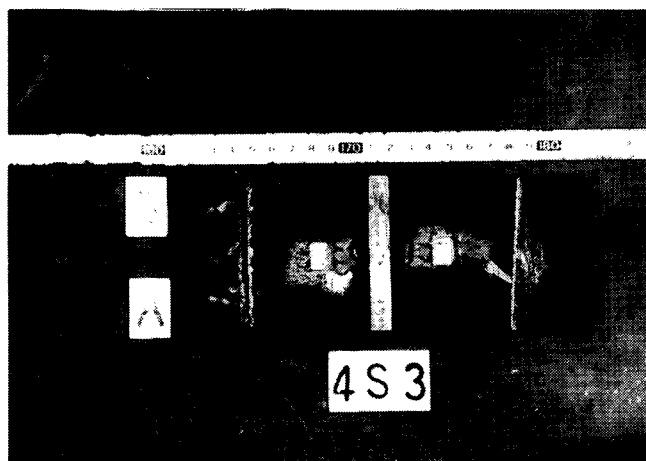
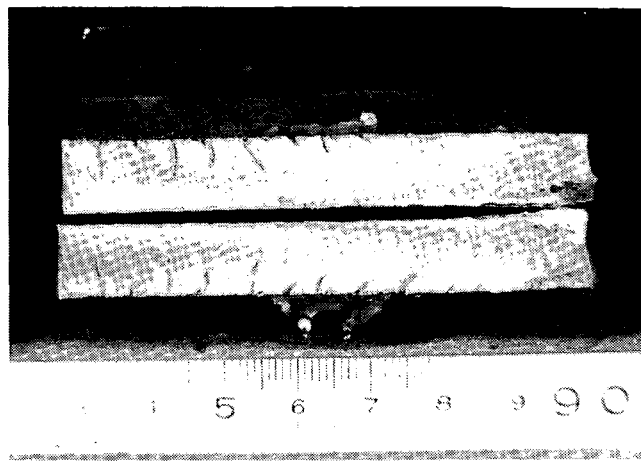


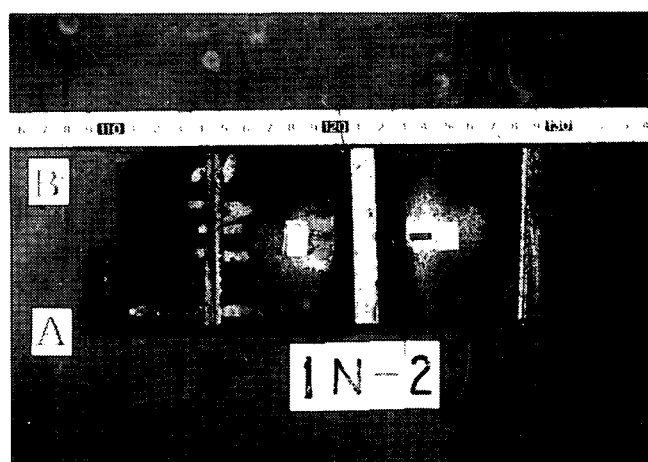
図-2.17(4) リブ十字溶接継手試験体亀裂発生位置



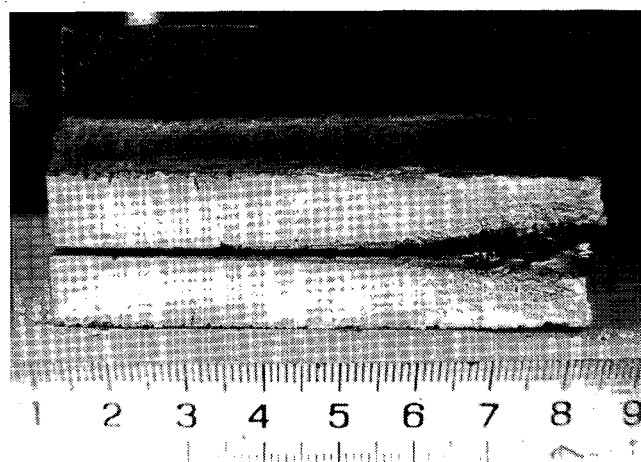
(1) 4 S 3 試験体亀裂発生位置



(2) 4 S 3 試験体亀裂発生面



(3) 1 N 2 試験体亀裂発生位置



(4) 1 N 2 試験体亀裂発生面

写真-2.4 試験体の亀裂発生状況

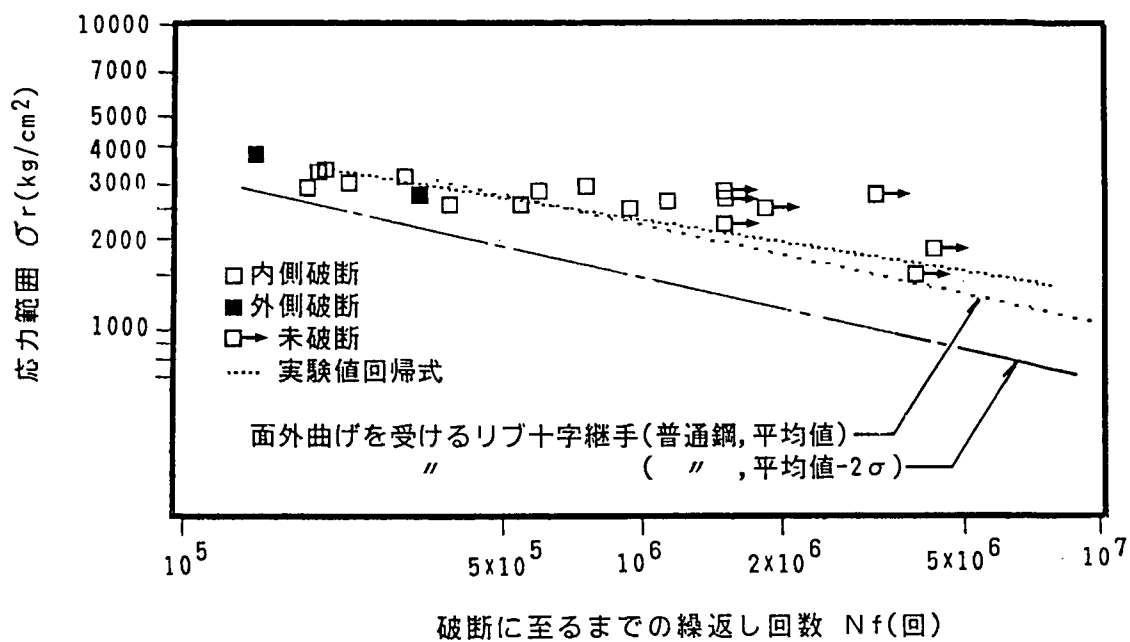


図-2.18 純曲げを受ける暴露8年目のリブ十字溶接継手の疲労強度
(普通鋼のリブ十字溶接継手の疲労強度¹⁰⁾との比較)

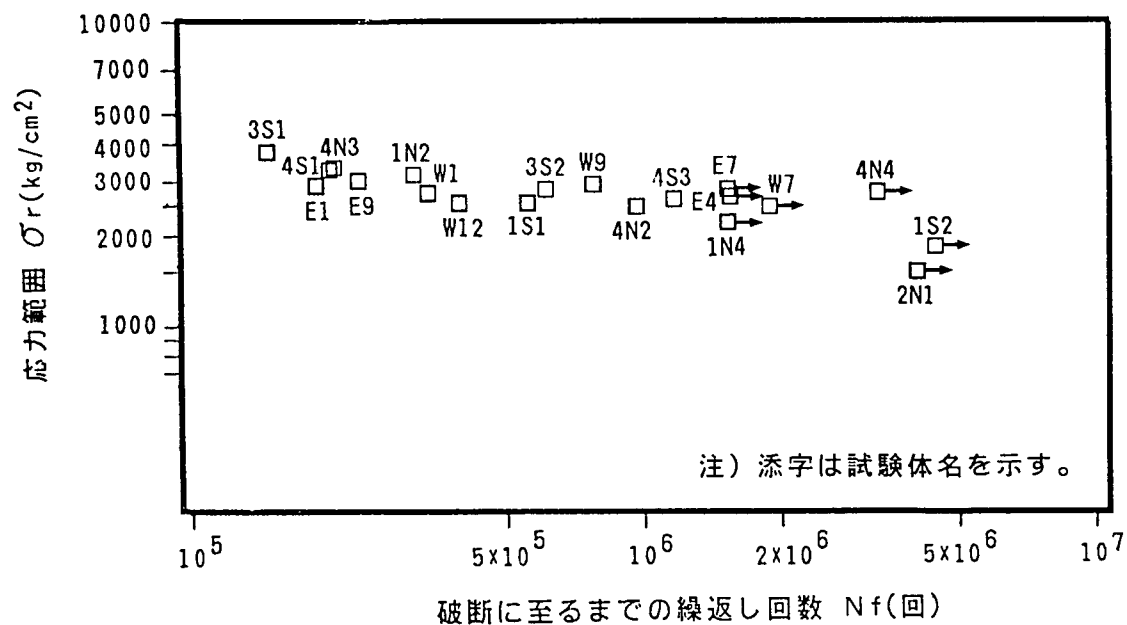


図-2.19 純曲げを受ける暴露8年目のリブ十字溶接継手の疲労強度
(試験体名別)

表-2.4 本共同研究における疲労試験と既存の疲労試験における実験値回帰式の比較

文 献 名	暴 露 環 境	暴 露 期 間	材 質	回 帰 式 の 係 数		200万回疲労強度 (kg/cm ²)
				B 1 2)	B 2 2)	
本共同研究における疲労試験	新潟市 海岸から約6km	・8年間(曲げ)	SMA50AW	20.0475	-4.1772	1,954
		・8年間(引張り1)	SMA50AW	19.6427	-4.1772	1,563
文献1) 山田他 土木学会論文報告集第292号,1979年12月 文献2) 山田他 土木学会論文報告集第337号,1983年9月 文献3) 近藤他 土木学会年譜概要集,1989年10月 文献4) 山田他 (1989)	埋立地 鉄構場内	・無暴露	SMA50,SM50	18.3604	-3.8319	1,403
		・2年間	SMA50,SM50	16.3688	-3.1761	1,479
		・4年間	SMA50,SM50	16.6657	-3.2448	1,564
		・約10年間	SMA50,SM50	14.1459	-2.5225	1,288
文献5) 山田他 土木学会論文報告集第338号,1983年10月	隅田川上	・N0 Series(5.5年間)	SMA50A	17.7581	-3.5871	1,563
		・N1 Series(5.5年間)	SMA50A	17.4383	-3.4462	1,705
		・N2 Series(5.5年間)	SMA50A	12.7046	-2.0639	1,267
文献6)7) Albrecht P.他 (1980,1983)	ワシントン郊外	・無暴露	ASTM-A588	16.4550	-3.2295	1,394
		・3年間	ASTM-A588	18.5870	-3.9230	1,355
		・3年間大気暴露後6カ月間暴露しては載荷を繰り返す	ASTM-A588	14.8589	-2.8117	1,106
		・8年間	ASTM-A588	17.7921	-3.7265	1,212
文献8)9) Albrecht P.他 (1982,1987)	ワシントン郊外	・無暴露	ASTM-A588	15.3372	-2.9684	1,107
		・2年間(連続)	ASTM-A588	15.2133	-2.9488	1,053
		・2年間(6カ月間隔で暴露、非暴露を2年間繰り返し)	ASTM-A588	16.3459	-3.2573	1,213
		・4年間	ASTM-A588	14.8016	-2.8199	1,034
		・8年間	ASTM-A588	14.6414	-2.7802	1,000
		・8年間(3%NaCl溶液中)	ASTM-A588	16.1653	-3.3389	900

1) "曲げ"に対する実験値回帰式から推定した"引張り"の疲労強度¹⁰⁾であることを示す。

2) 次式で表される回帰式の係数 $\log N_f = B_1 + B_2 \log \sigma_r$

なお、既存の文献による回帰式は破断した試験体の応力範囲と繰返し回数の結果に基づき、新たに計算して求めた式である。したがって、文献中に示される回帰式と異なる場合もある。

表-2.5(1) 本共同研究における疲労試験と既存の疲労試験との比較

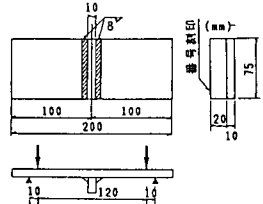
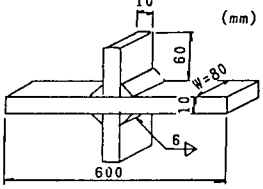
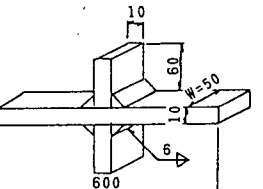
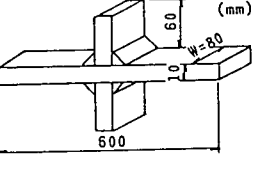
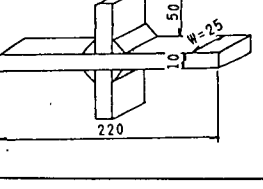
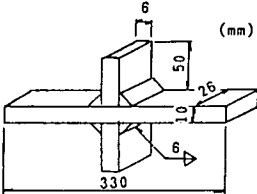
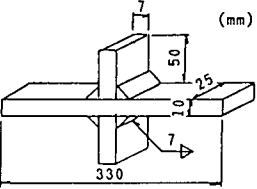
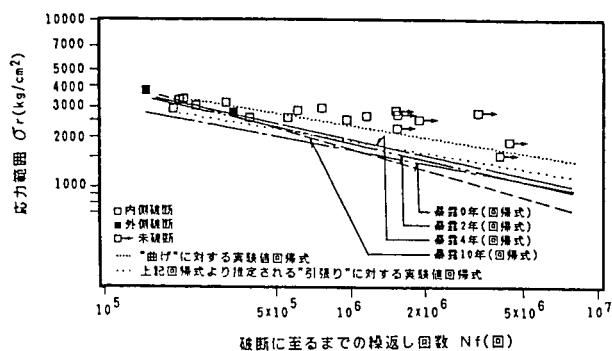
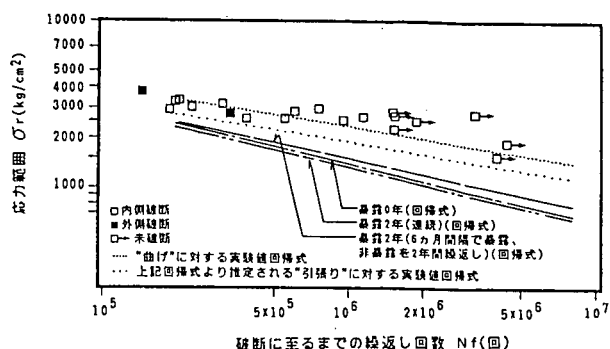
文 献 名	鋼 種	暴 露 地 点	暴 露 期 間	載 荷 方 法	腐 食 の 状 況	試 験 体 数	試 験 体 の 寸 法 形 状
本共同研究における疲労試験	SMA50AW	・暴露地点は新潟市内の信濃川沿いで、海岸から約6km離れている。 ・試験体は大型暴露試験体の下フランジ部分から採取した。	8年	曲げ	箱内側の溶接止端部の方が箱外側と比較して腐食が進んでいる。	20体	
文献1) 山田他 土木学会論文報告集第292号,1979年12月 文献2) 山田他 土木学会論文報告集第337号,1983年9月 文献3) 近藤他 土木学会年講概要集,1989年10月 文献4) 山田他 (1989)	SMA50 SM50	・暴露地点は、海岸地帯と工場地帯の両因子を含む環境であるが、海岸から約1km離れており、化学薬品や亜硫酸ガスの影響は少ないと考えられる。 ・試験体の暴露は、埋め立て地に建設された鉄構工場内に架台を設置し、特性のガラスを介して、南向き30°の角度で実施した。	・無暴露 ・2年(約20ヵ月) ・4年(約45ヵ月) ・約10年(127ヵ月)	引張り	・鋼材表面の凹凸 無 暴 露 ; 0.1mm 程度 2, 4年暴露 ; 0.2~0.3mm 程度 (鋼材の種類、上下面の差はなし) 10年 暴 露 ; 0.2~0.3mm 程度(SMA50) 上面0.35mm、下面0.65mm程度(SM50) ・溶接止端部の止端半径ρの下限值 無 暴 露 ; 0.23mm 2, 4年暴露 ; 0.46~1.36mm 10年 暴 露 ; 1mm 以上	・無暴露(W=80mm) SMA50 19体 SM50 9体 ・2年(W=80mm) SMA50 9体 SM50 9体 ・4年(W=80mm) SMA50 10体 SM50 10体 ・10年(W=50mm) SMA50 11体 SM50 8体 計 85体	 
文献5) 山田他 土木学会論文報告集第338号,1983年10月	SMA50A	・試験体は東京都計画街路放射31号線が隅田川を渡る新大橋の架替え事業に使用された転用可能な仮橋の一部から切り出した。 この橋は、新大橋の建設の際の回路として約4年間使用され、新大橋が完成した後に撤去され、1年半ほど東京都第6建設所足立西工区の資材置場に仮置きされた。	5.5年	引張り	・仮置場では、桁は分割されて並べられており、下フランジ、水平補剛材などの水平な部材近くのウェブは、他と比べて腐食が多いようであるが試験体を切り出した垂直補剛材近辺のウェブは、耐候性鋼の暴露試験体と類似のさびを呈していた。	・N0 Series(W=80mm) 10体 ・N1 Series(W=25mm) 12体 ・N2 Series(W=25mm) 9体 計 31体 *N1とN2の差は、試験時期が異なることによる。	 

表-2.5(2) 本共同研究における疲労試験と既存の疲労試験との比較

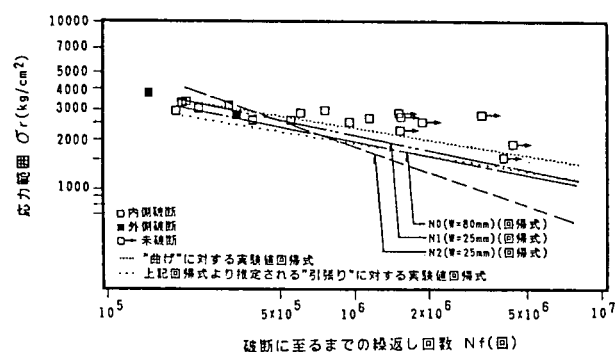
文 献 名	鋼 種	暴 露 地 点	暴 露 期 間	載 荷 方 法	腐 食 の 状 況	試 験 体 数	試 験 体 の 寸 法 形 状
文献6)7) Albrecht P.他 (1980,1983)	ASTM-A588	・暴露地点はメリーランド大学構内で、水平面に対し15° 傾斜させて東面に向けて設置した。 ・この場所はワシントンからU.S.Route 1に沿った住居地域である。 ・大気汚染の状況は、自動車排気ガスによるものが都市型程度で、大型工場からの排煙は無い。	・無暴露 ・3年間 ・3年間大気暴露後6ヵ月間暴露しては載荷を繰り返す(破断までの暴露期間は平均で5.8年) ・8年間	引張り	・暴露方向が空側の表面では密なさび層が形成された。地上側の表面ではあまり密でない粗いさび層が形成された。	・無暴露 12体 ・3年間 16体 ・3年間大気暴露後6ヵ月間暴露しては載荷を繰り返す 12体 ・8年間 22体 - 計 62体	
文献8)9) Albrecht P.他 (1982,1987)	ASTM-A588	・暴露地点はメリーランド大学、カレッジパークの建物の屋上で、水平面に対し30° 傾斜させて南面に向けて設置した。 ・この場所はワシントンの中心部を北西に12.9km、U.S.Route 1に沿った住居、商業地域である。 ・大気汚染の状況は、自動車排気ガスによるものが都市型程度で、大型工場からの排煙は無い。	・無暴露 ・2年間(連続) ・2年間(6ヵ月間隔で暴露、非暴露を2年間繰返し) ・4年間 ・8年間 ・8年間* *: 3%NaCl溶液内で疲労試験実施 ** 以外: 研究室の乾燥した空気内で疲労試験を実施	引張り	・暴露方向が空側の表面では密なさび層が形成された。地上側の表面ではあまり密でない粗いさび層が形成された。地上側の表面を指でこすった時極く少量のさびが付着した。	・無暴露 20体 ・2年間(連続) 20体 ・2年間(6ヵ月間隔で暴露、非暴露を2年間繰返し) 16体 ・4年間 20体 ・8年間 20体 ・8年間 16体 (3%NaCl溶液中) - 計 112体	



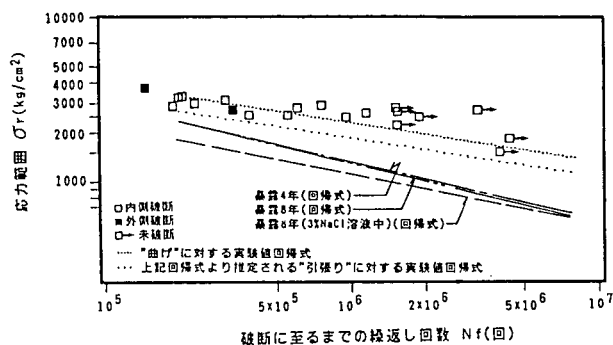
(1) 文献1)~4)の試験結果(SMA50, SM50)との比較



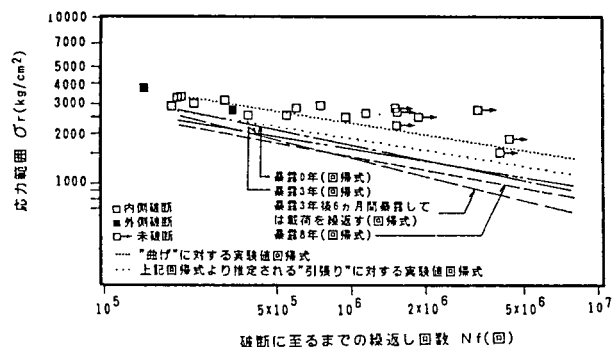
(4) 文献8), 9)の試験結果(ASTM-A588)との比較



(2) 文献5)の試験結果(SMA50A)との比較

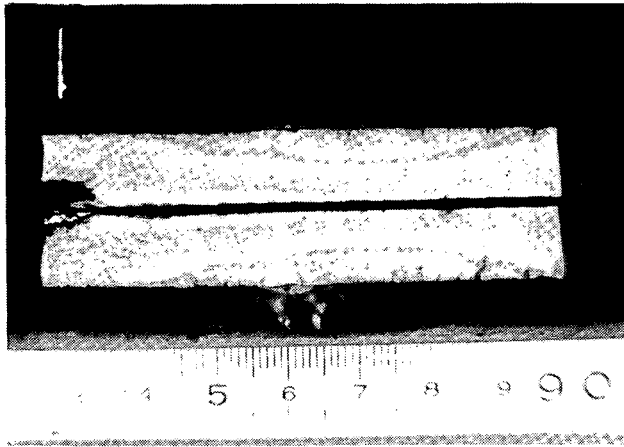


(5) 文献8), 9)の試験結果(ASTM-A588)との比較

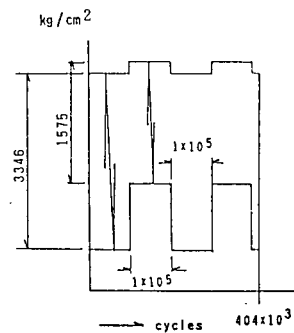


(3) 文献6), 7)の試験結果(ASTM-A588)との比較

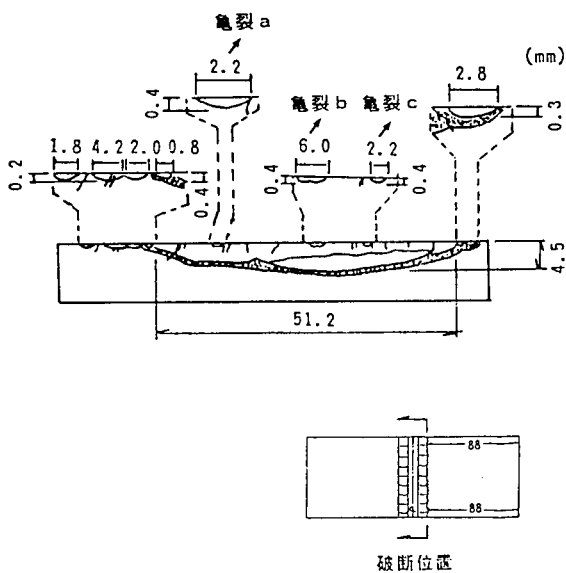
図-2.20 既存の疲労試験結果との比較



(1) ビーチマークによる疲労破面



(3) Stress Histories



(2) ビーチマークによる疲労破面観察図
(倍率10~80倍)

4N3データ

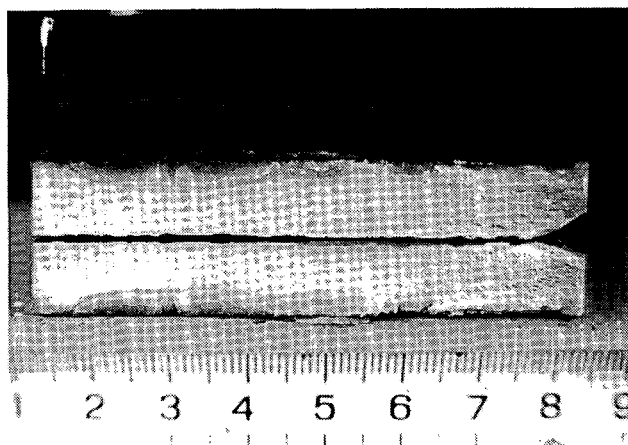
a (mm) ¹⁾	n (回) ¹⁾	N f (回)	n / N f
4.5	200000	204641	0.977
0.4	100000	"	0.488

a : 亀裂の深さ
n / N f : 寿命比
(n : 対応するビーチマーク
が形成されるまでの寿命
N f : 破断寿命)

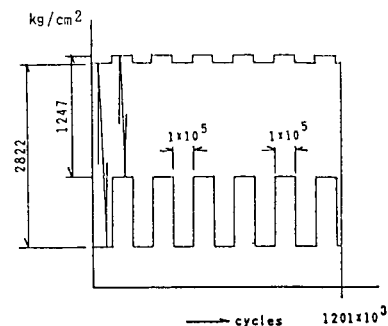
注1) aとnについては、(2)ビーチマークによる疲労破面観察図で示した半楕円形の亀裂a~cが進展し、合体していく過程を対象とした。なお、nについては応力が半減した場合、亀裂がほとんど進展しないことから、この時の繰返し回数を除くこととした。

(4) ビーチマークを観察することによって求めた亀裂の深さ a と寿命比 n / N f のデータ

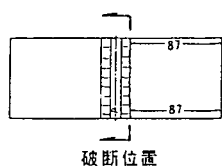
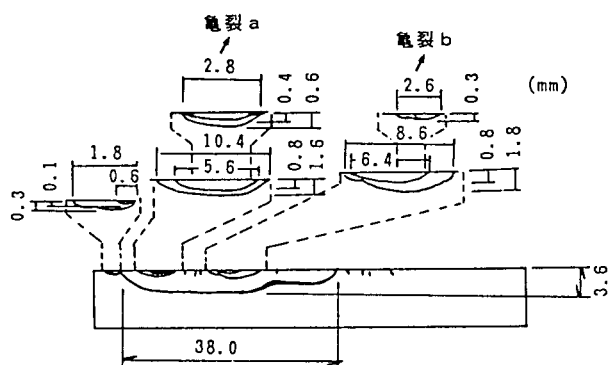
図-2.21 4 N 3 試験体ビーチマーク試験結果



(1) ビーチマークによる疲労破面



(3) Stress Histories



(2) ビーチマークによる疲労破面観察図
(倍率10~80倍)

3S2データ

a (mm) ¹⁾	n (回) ¹⁾	N f (回)	n / N f
3.6	600000	602769	0.995
1.6	500000	"	0.830
0.8	400000	"	0.664
0.6	300000	"	0.498
0.4	200000	"	0.332
1.8	500000	"	0.830
0.8	400000	"	0.664
0.3	300000	"	0.498

a : 亀裂の深さ
n / N f : 寿命比
(n : 対応するビーチマーク
が形成されるまでの寿命
N f : 破断寿命)

注1) aとnについては、(2)ビーチマークによる疲労破面観察図で示した半楕円形の亀裂a~bが進展し、合体していく過程を対象とした。なお、nについては応力が半減した場合、亀裂がほとんど進展しないことから、この時の繰返し回数を除くこととした。

(4) ビーチマークを観察することによって求めた亀裂の深さaと寿命比n/Nfのデータ

図-2.22 3S2試験体ビーチマーク試験結果

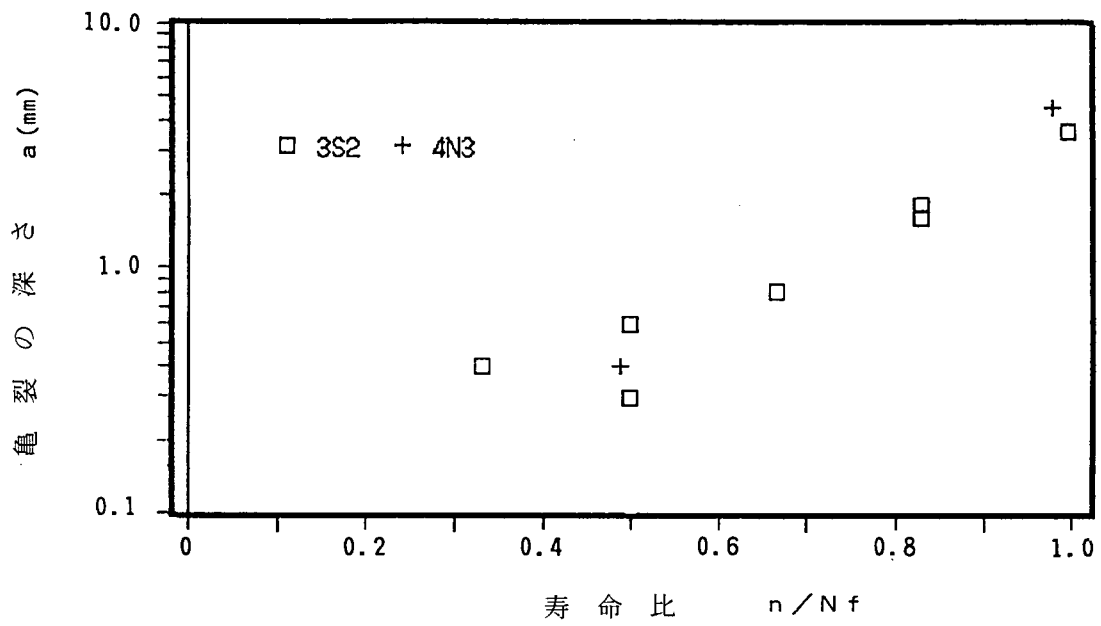


図-2.23 亀裂の深さ a と寿命比 n/Nf の関係

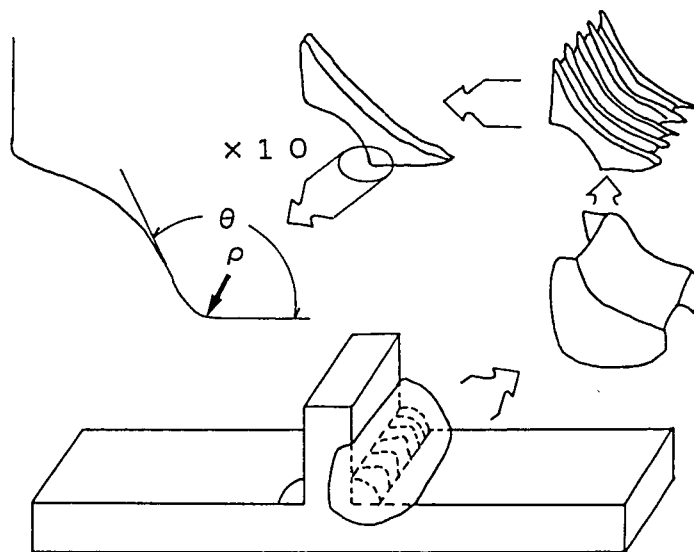


図-2.24 溶接止端部形状の測定方法

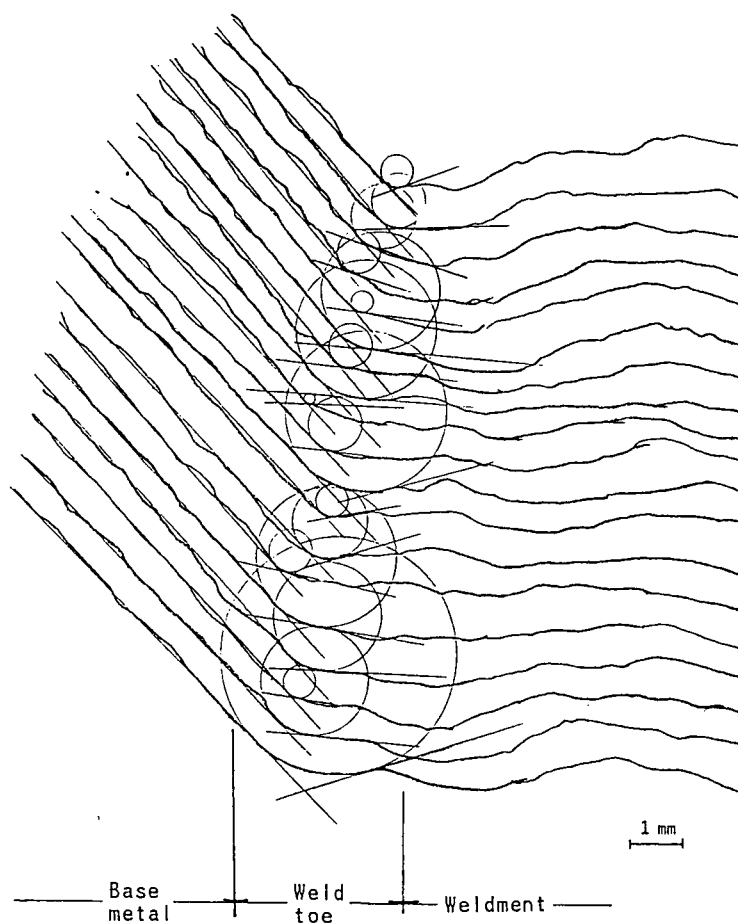


図-2.25 溶接止端部形状の測定例（南方向箱外側止端部）

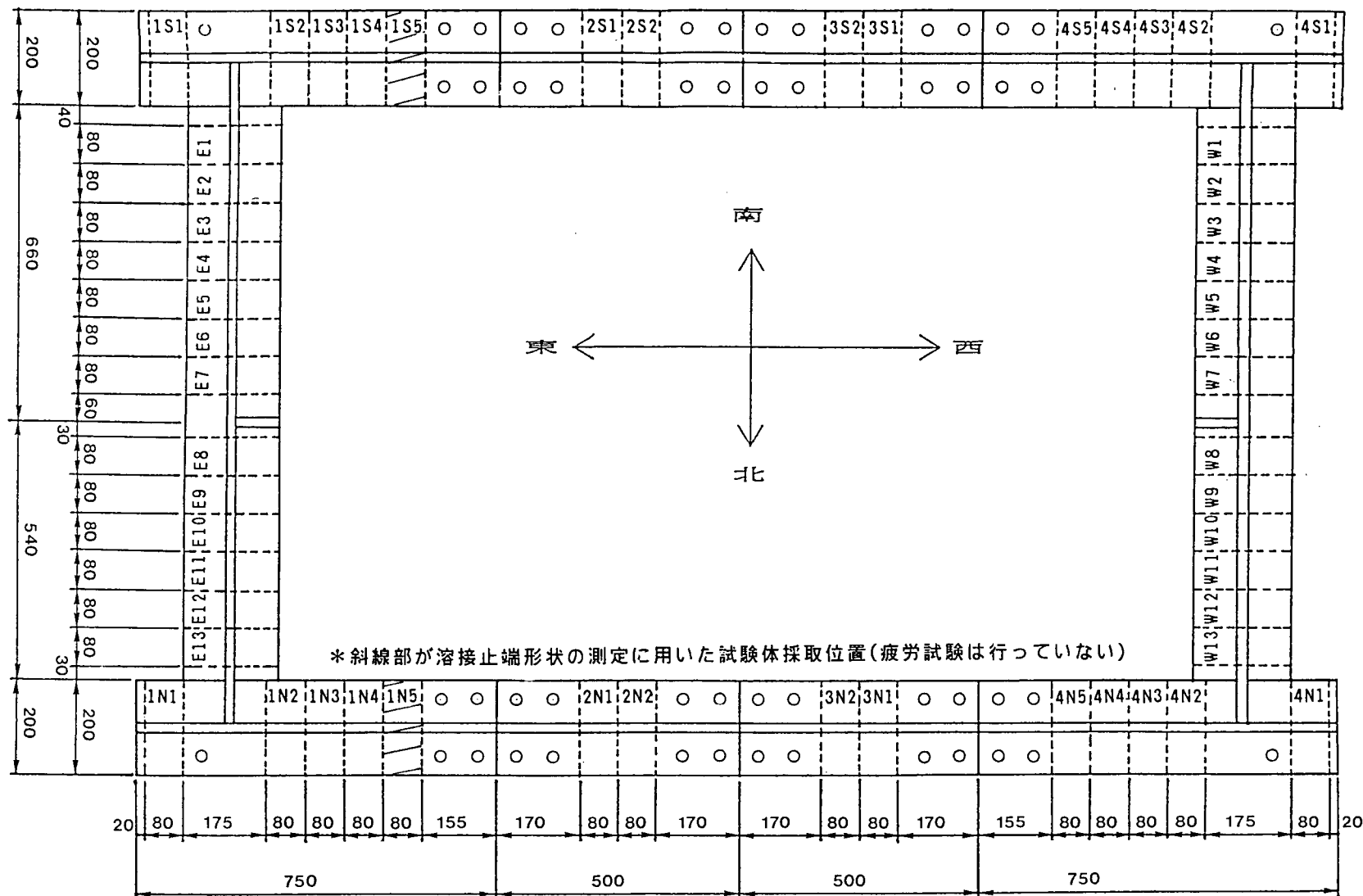
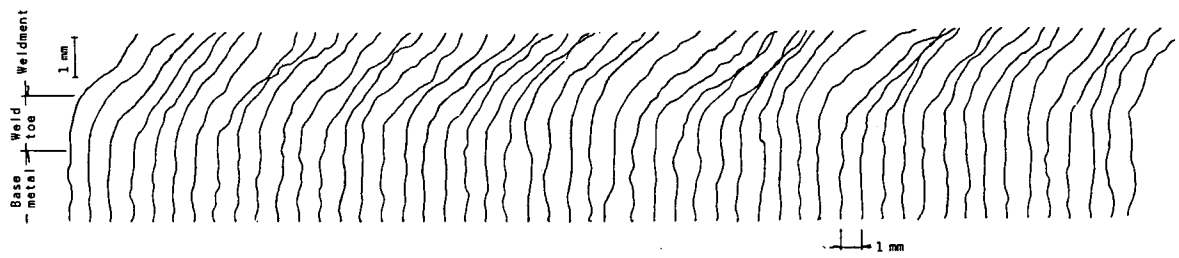
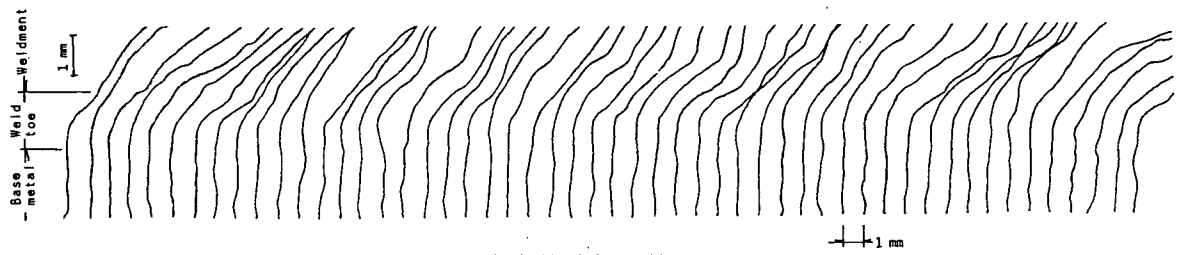


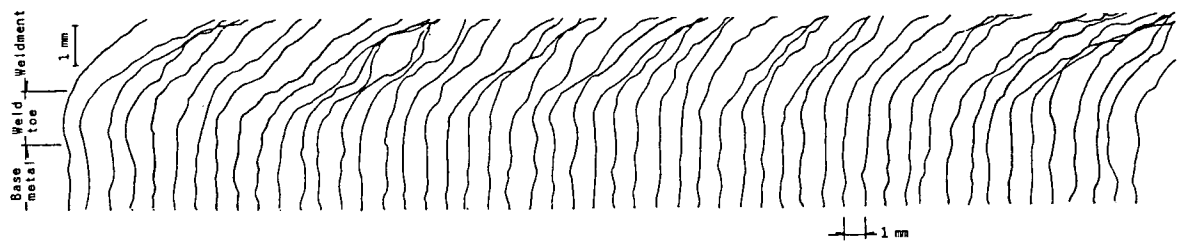
図-2.26 溶接止端部形状の測定に用いた試験体採取位置
(斜線部が止端形状の測定に用いた試験体)



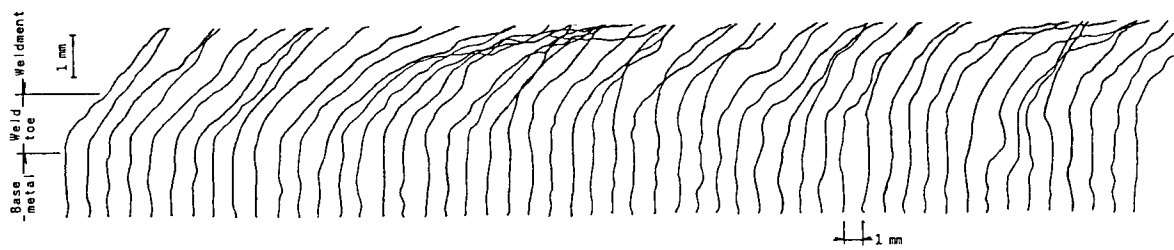
(1) 北方向箱外側止端部



(2) 南方向箱外側止端部

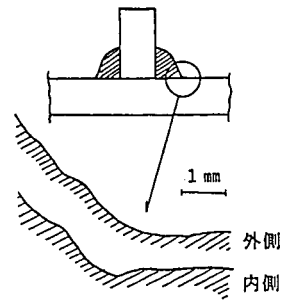


(3) 北方向箱内側止端部

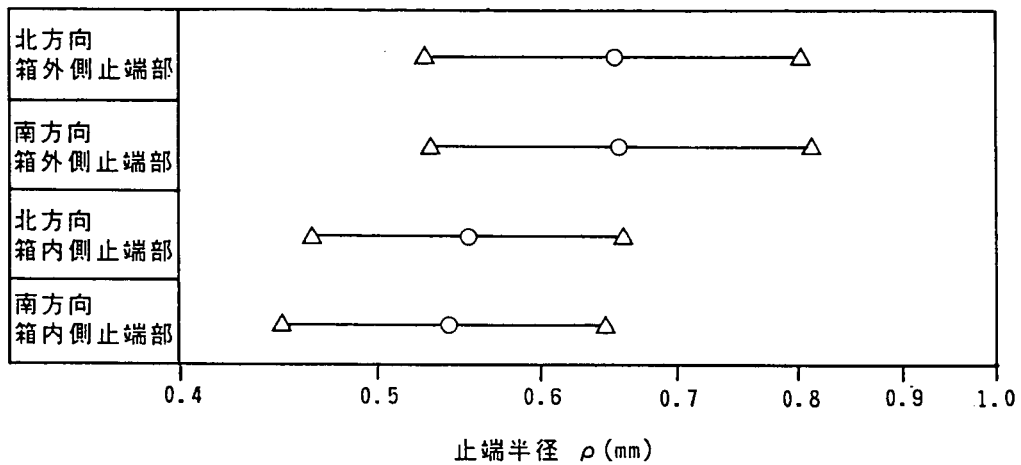


(4) 南方向箱内側止端部

図-2.27 溶接ビード止端形状の測定結果



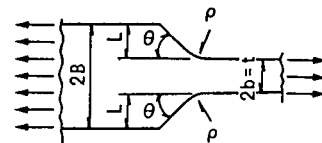
リブ十字継手試験体の溶接止端部断面形状の一例



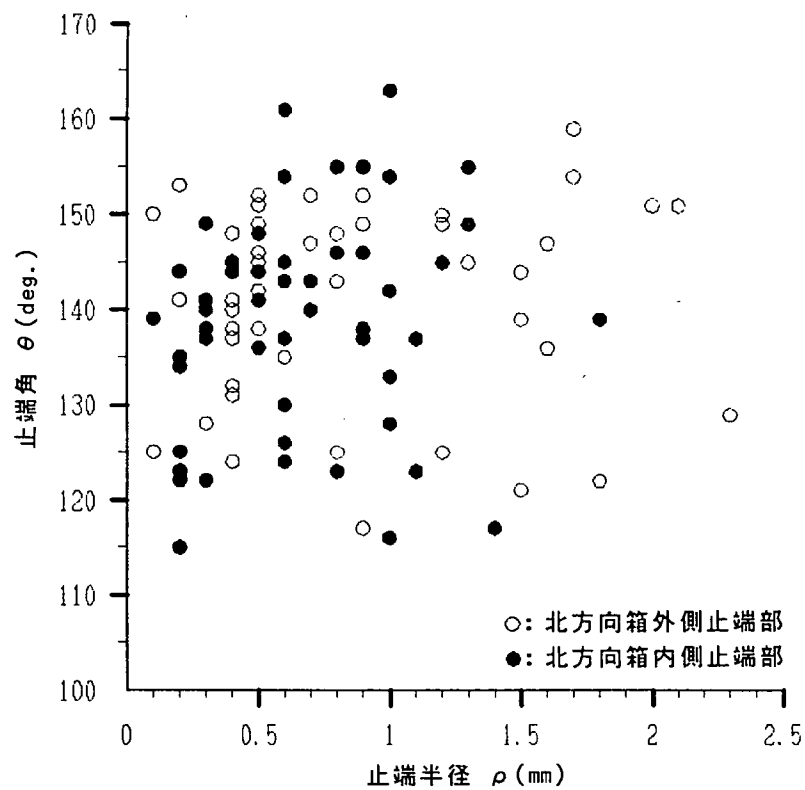
試 験 体	止端半径 ρ (mm)			標本数
	平均値	95%信頼区間		
		上限値	下限値	
北方向箱外側止端部	0.65	0.80	0.53	52
南方向箱外側止端部	0.66	0.81	0.53	52
北方向箱内側止端部	0.55	0.66	0.46	52
南方向箱内側止端部	0.54	0.65	0.45	52

図-2.28 止端半径 ρ の平均値および95%信頼区間
(止端半径 ρ が対数正規分布すると仮定)

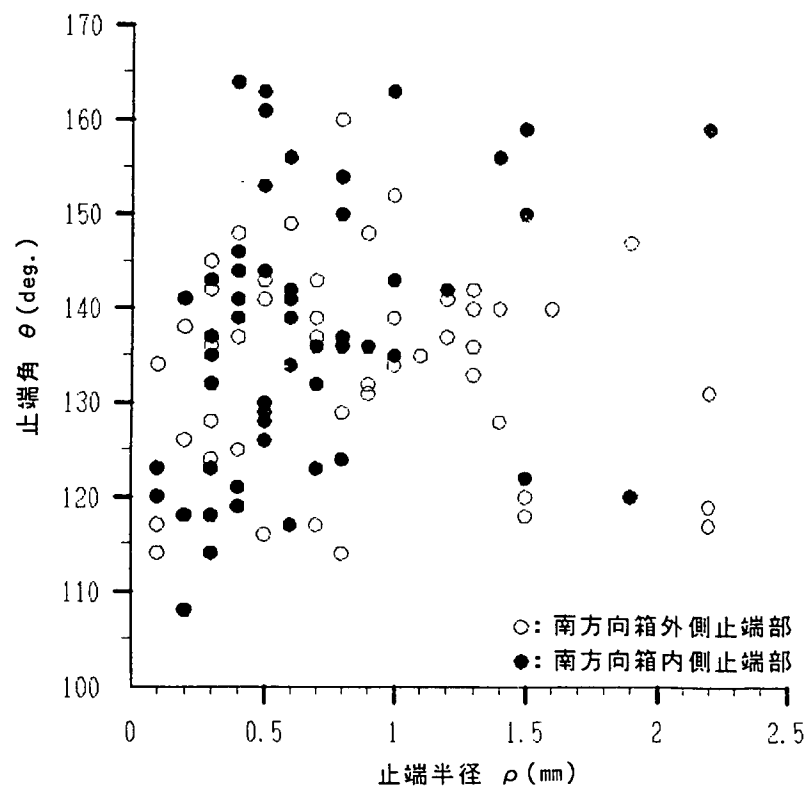
表-2.6 溶接止端部の止端半径 ρ と応力集中率 K_t



溶接止端部 測定箇所	止端半径 ρ (mm)			応力集中率 K_t	
	平均値	95%信頼区間		最大値	平均値
		上限値	下限値		
北方向箱外側止端部	0.65	0.80	0.53	2.39	2.21
南方向箱外側止端部	0.66	0.81	0.53	2.39	2.20
北方向箱内側止端部	0.55	0.66	0.46	2.52	2.35
南方向箱内側止端部	0.54	0.65	0.45	2.54	2.37



(1) 北方向箱外側止端部と箱内側止端部



(2) 南方向箱外側止端部と箱内側止端部

図-2.29 止端角 θ と止端半径 ρ の関係

3. 大気暴露した母材試験体の 疲労強度に関する検討



* () 内は、全国暴露試験における地点番号を示す。

図-3.1 母材試験体を切り出した溶接継手試験片暴露位置図

表-3.1 母材試験体に切り出した溶接継手試験片暴露場所

地 方	地点 番号	橋梁名	設 置 場 所	環 境 条 件 ¹⁾	飛来塩分量 ²⁾ (mgNaCl/100cm ² /day)	亜硫酸ガス濃度 ²⁾ (mgSO ₃ /100cm ² /day)	海岸からの距離 (km)
北海道	03	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
東 北	06	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
関 東	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
関 東	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
北 陸	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
近 畿	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
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
四 国	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
九 州	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

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。捕集面積はJIS Z 2381ガーゼ法で200cm²にすることとしているが、ここに示す値は捕集面積100cm²として計算している。

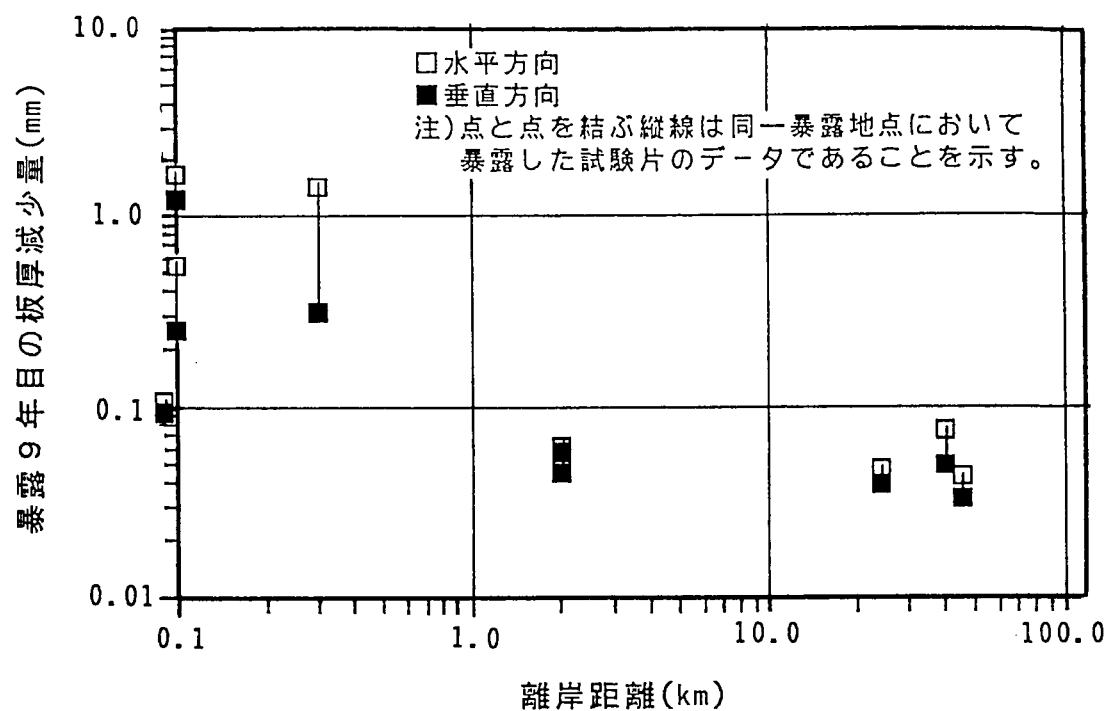
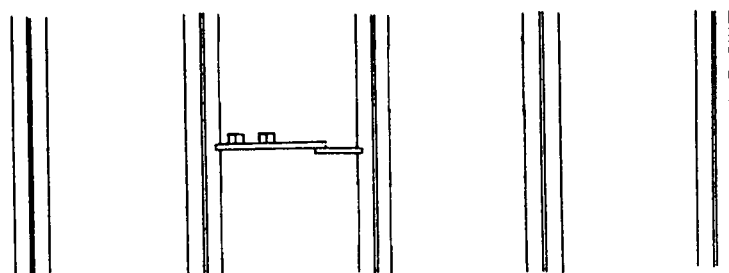
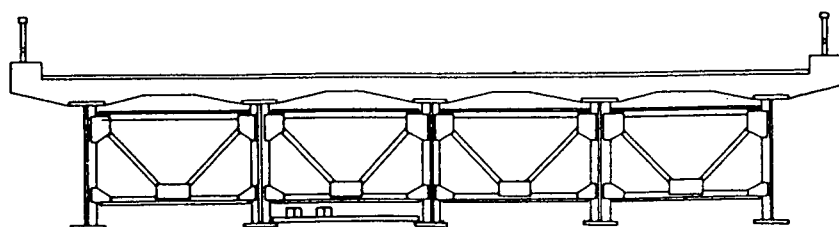
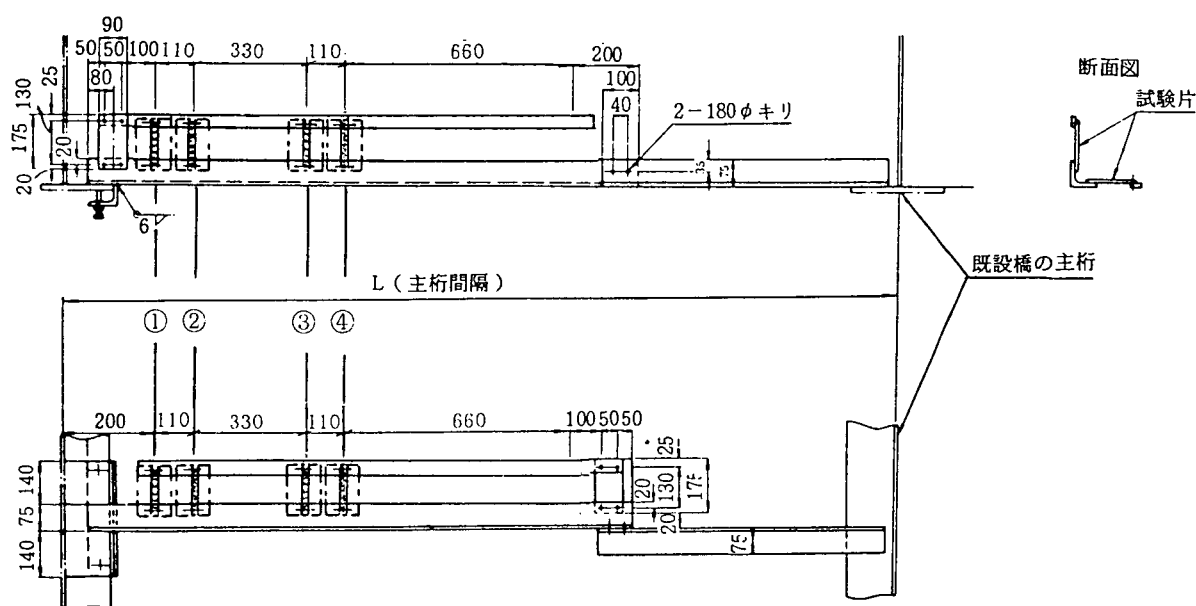


図-3.2 暴露地点の離岸距離と暴露9年目の試験体の板厚減少量との関係



(1) 一般図



疲労試験体加工 →

試験片	鋼種	暴露年数	暴露方向	表面仕上げ
①	SMA50AW	4年間(取外し, S61)	垂直水平	余盛付き
②	"	4年間(取外し, S61)	"	余盛削除
③	"	8年間(取外し, H2)	"	余盛付き
④	"	8年間(取外し, H2)	"	余盛削除

(2) 詳細図

図-3.3 実橋に暴露された溶接継手試験片取付け位置

表-3.2 全国暴露試験で測定した小型試験片の暴露9年目の平均板厚減少量

環 境	暴 露 地 点			平均板厚減少量(mm)		海岸からの距離 (km)	備 考
	地方	橋梁名	地点番号	垂直方向	水平方向		
海岸部	北陸	米山大橋	13	0.310	1.403	0.3	日本海に面し海岸部(塩害問題)
	中国	浜村橋	24	1.204	1.639	0.1	山陰・日本海に面し海岸部
	四国	安田川橋	31	0.247	0.548	0.1	土佐湾に面し海岸部
工業地帯	関東	海老川大橋	10	0.093	0.104	0.0	東京湾に面し工業地帯
	近畿	西淀川高架橋	23	0.057	0.061	2.0	大阪市・工業地帯
都市部	関東	尾張屋橋	11	0.044	0.047	2.0	横浜市内・都市部
山間部	北海道	滝笛橋	03	0.049	0.074	40.0	支笏湖側・山間部
	東北	大洞橋	06	0.032	0.043	45.0	宮城-山形県境近く・山間部
	九州	西の谷橋	34	0.039	0.046	24.0	大分県・山間部

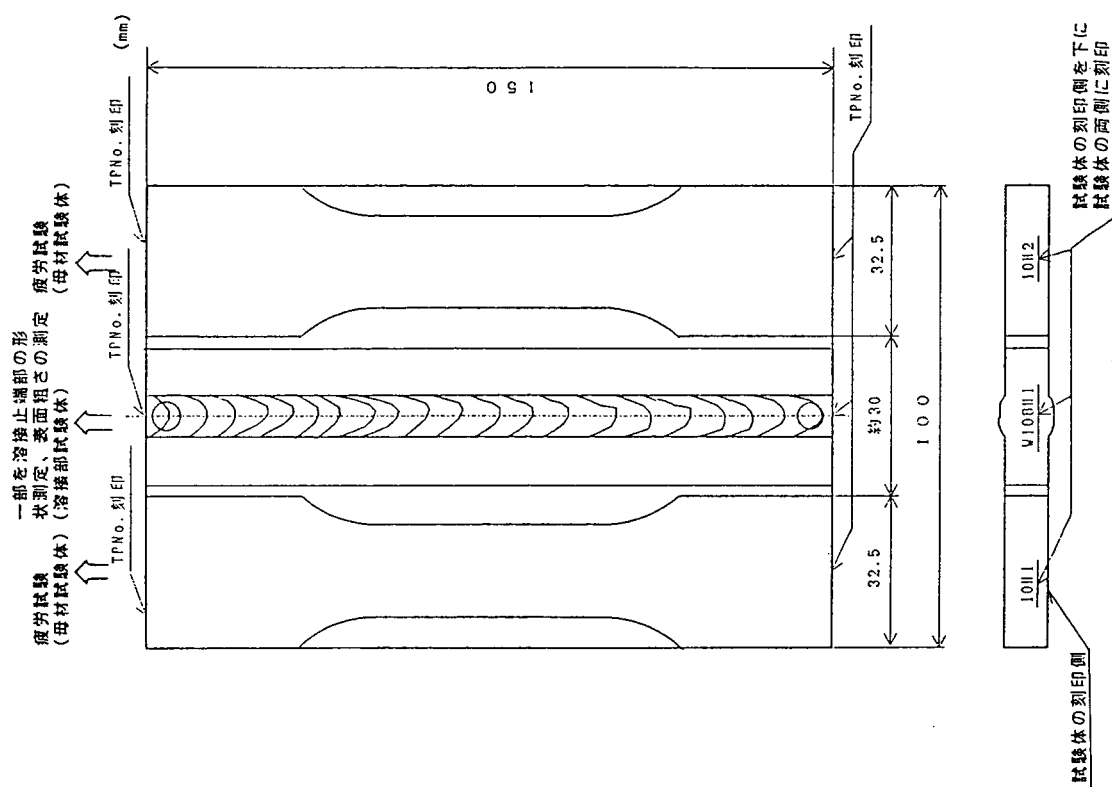


図-3.4 母材試験体および溶接部試験体採取位置

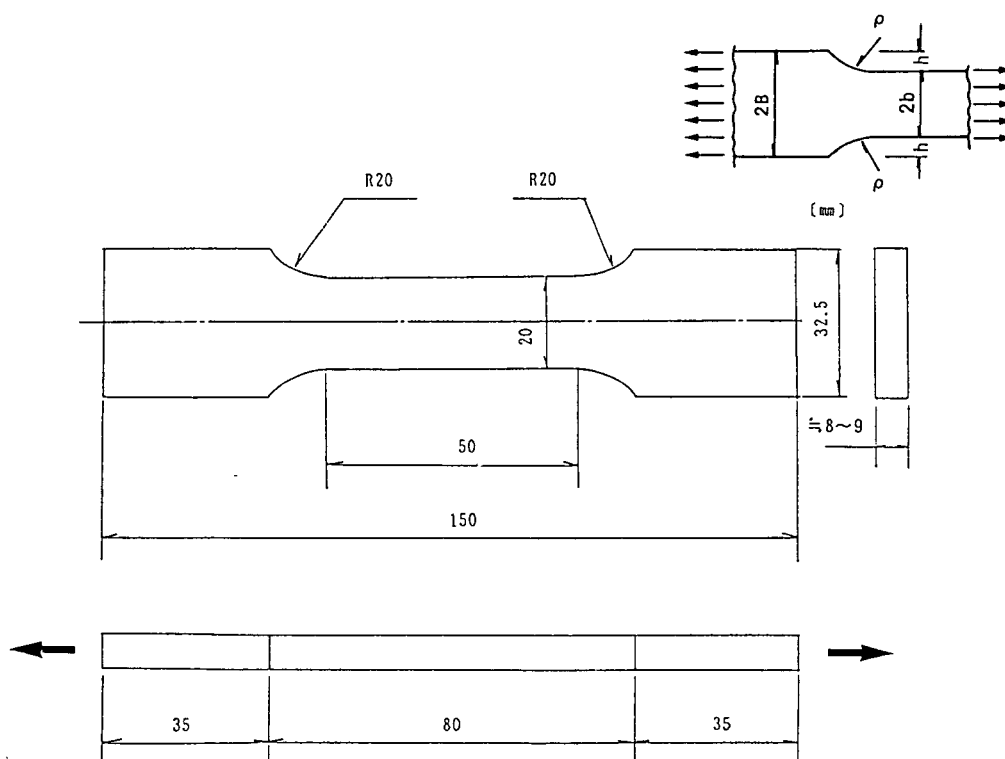


図-3.5 母材試験体の寸法形状および載荷方法

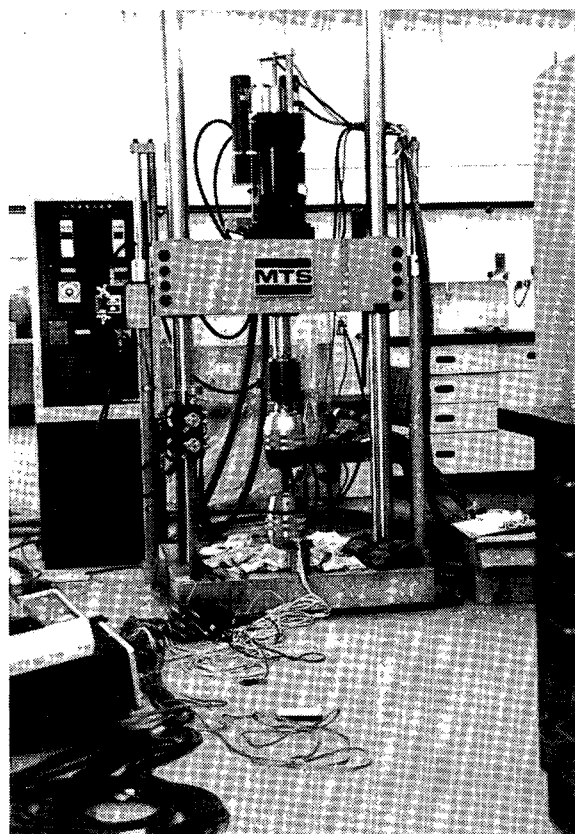
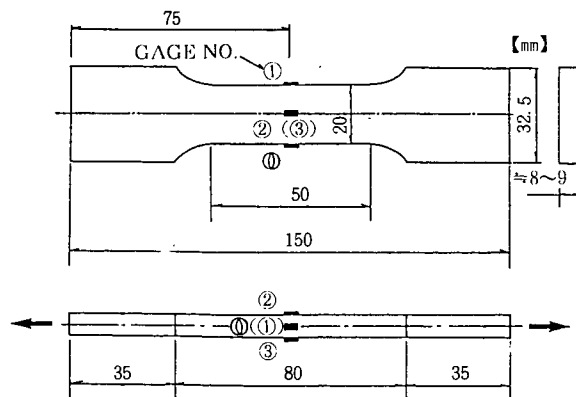


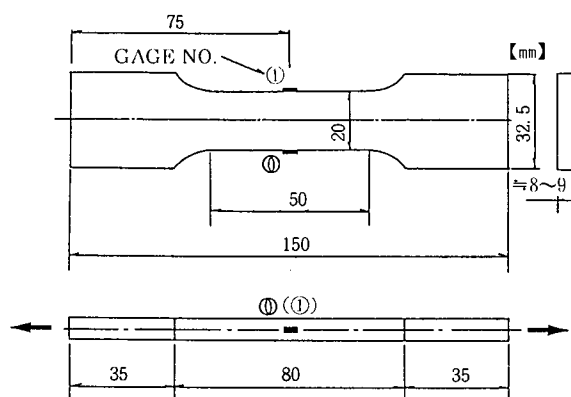
写真-3.1(1) 試験状況



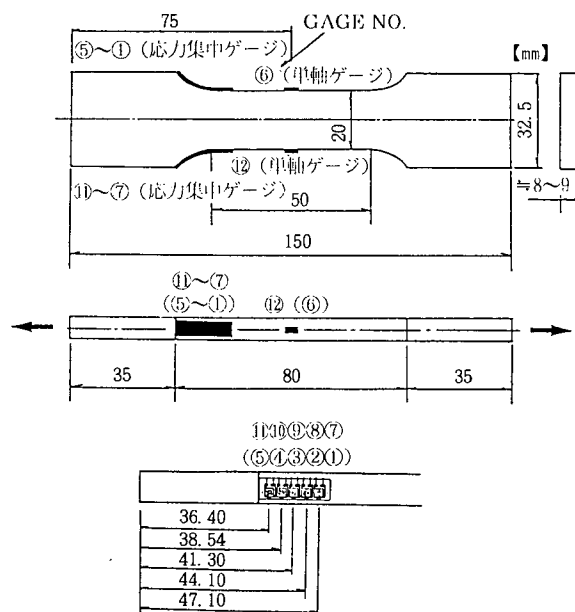
写真-3.1(2) 試験状況



(1) 試験体 03V1

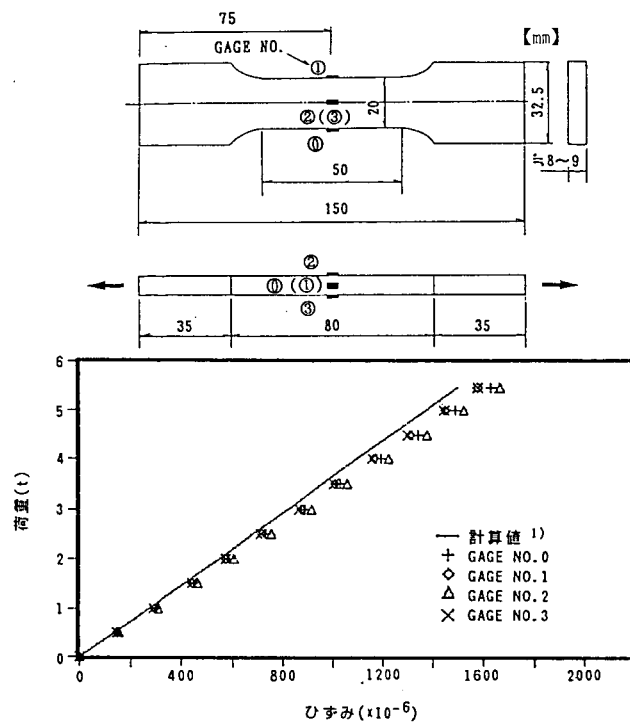


(2) 試験体 24V2



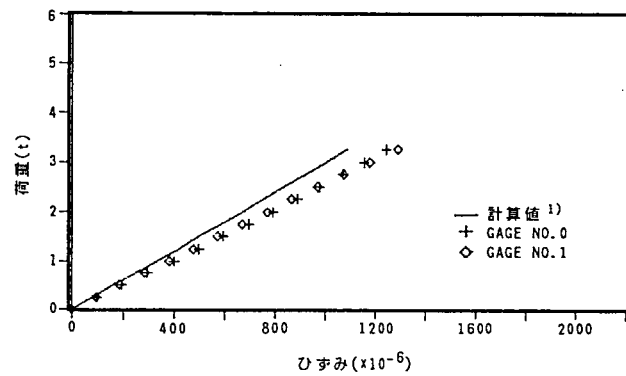
(3) 試験体 11V2

図-3.6 03V1, 24V2, 11V2 母材試験体へのひずみゲージ貼付位置 (静的載荷試験)



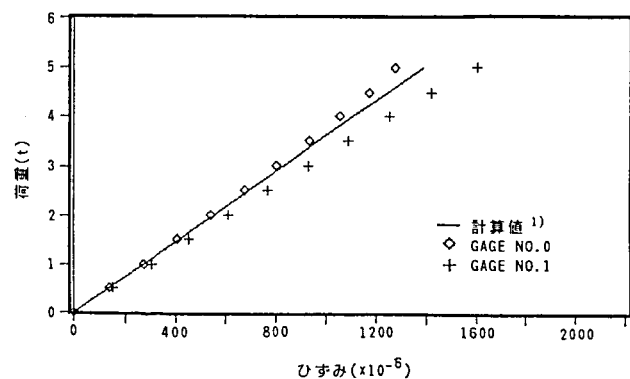
(1) 試験体 03V1

注1) 計算値は実測断面積に基づく、試験体中央部の公称ひずみである。
(実測の板厚 $t=8.65\text{mm}$, 幅 $b=20.10\text{mm}$, 断面積 $A=173.87\text{mm}^2$)



(2) 試験体 24V2

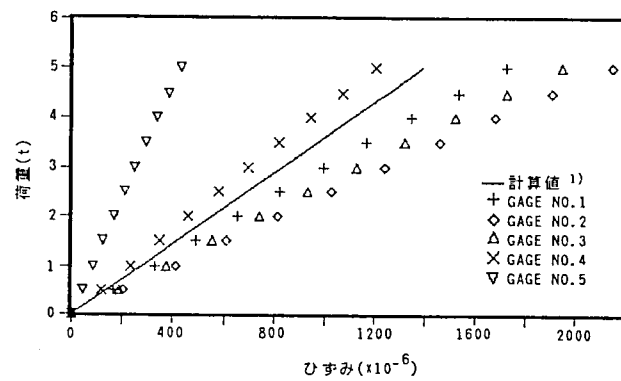
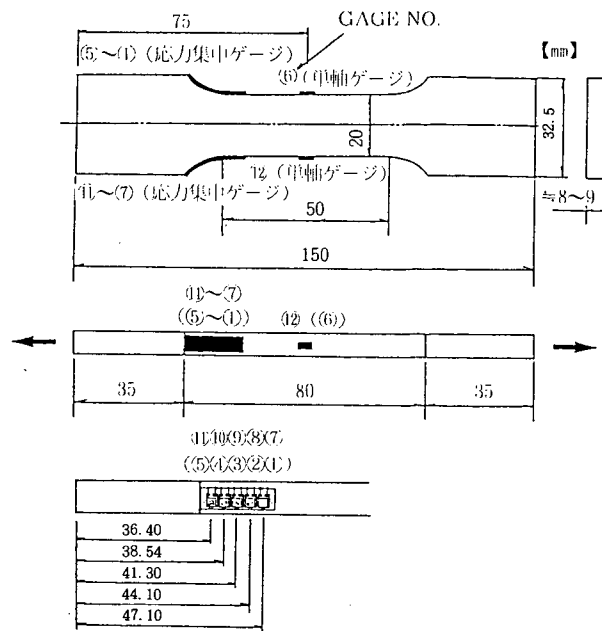
注1) 計算値は実測断面積に基づく、試験体中央部の公称ひずみである。
(実測の板厚 $t=7.11\text{mm}$, 幅 $b=20.03\text{mm}$, 断面積 $A=142.41\text{mm}^2$)



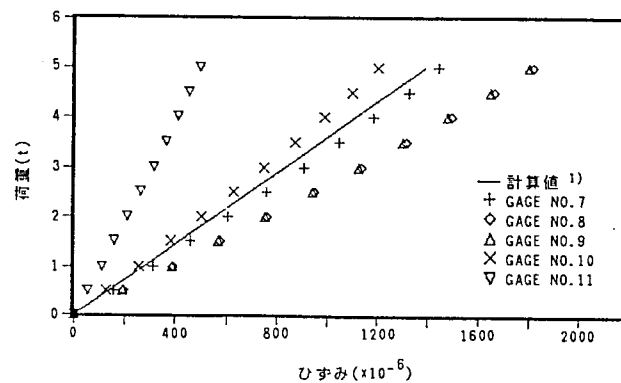
(3) 試験体 11V2

注1) 計算値は実測断面積に基づく、試験体中央部の公称ひずみである。
(実測の板厚 $t=8.59\text{mm}$, 幅 $b=20.00\text{mm}$, 断面積 $A=171.80\text{mm}^2$)

図-3.7 荷重とひずみの関係 (試験体中央部)

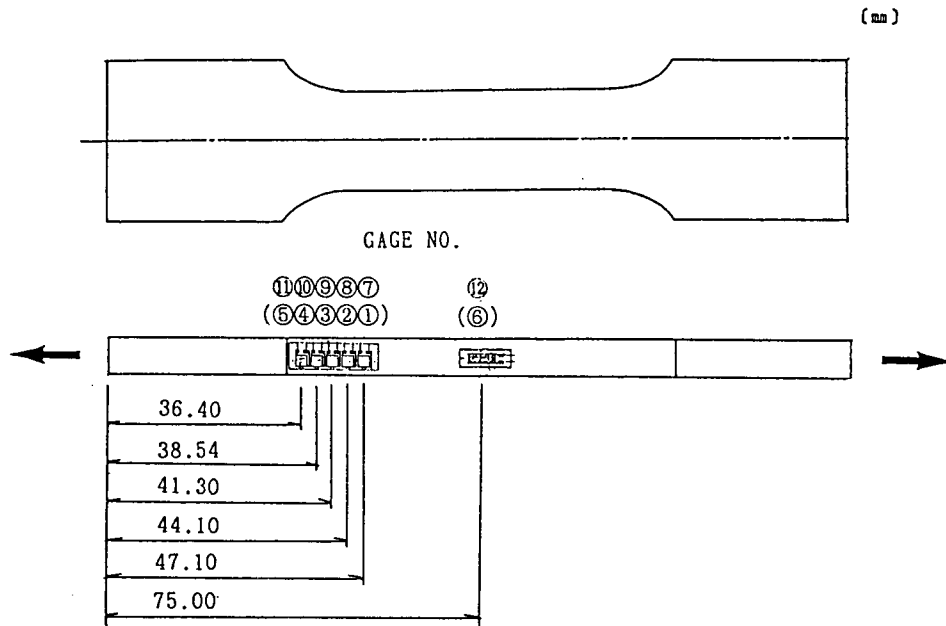


(1) 試験体11V2 (応力集中ゲージNO. 1~5)
注1) 計算値は実測断面積に基づく、試験体中央部の公称ひずみである。
(実測の板厚 $t=8.59$ mm, 幅 $b=20.00$ mm, 断面積 $A=171.80$ mm²)

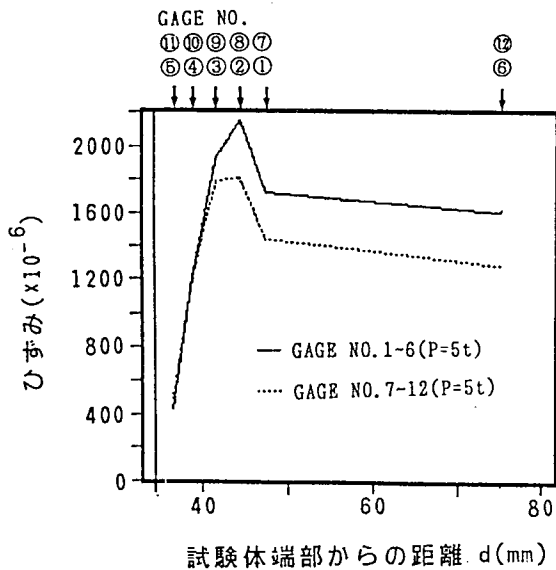


(2) 試験体11V2 (応力集中ゲージNO. 7~11)
注1) 計算値は(1)と同上

図-3.8 荷重とひずみの関係 (R部)



* 試験体11V2



GAGE NO.	α	GAGE NO.	α	平均値
①	1.064	⑦	1.120	1.092
②	1.331	⑧	1.407	1.369
③	1.207	⑨	1.396	1.302
④	0.750	⑩	0.933	0.842
⑤	0.265	⑪	0.387	0.326

注 1) 応力集中度 α

$$\alpha = \frac{\sigma_m}{\sigma_s}$$

α : 応力集中度

σ_m : R部実測応力範囲 ($\sigma_m = \sigma_p - \sigma_{s,s'}$)

σ_s : 中央部実測応力範囲 ($\sigma_s = \sigma_{p'} - \sigma_{s,s'}$)

σ_p : 荷重Pton(1.0ton~5.0tonの範囲で0.5tonピッチ)時のR部実測応力

$\sigma_{s,s'}$: 荷重0.5ton時のR部実測応力

$\sigma_{p'}$: 荷重Pton(1.0ton~5.0tonの範囲で0.5tonピッチ)時の中央部実測応力

$\sigma_{s,s'}$: 荷重0.5ton時の中央部実測応力

応力集中度 α の算出において、中央部実測応力範囲 σ_s は、R部実測応力範囲 σ_m が GAGE NO. ①~⑤の時 GAGE NO. ⑥を、GAGE NO. ⑦~⑪の時 GAGE NO. ⑫の値を用いた。また、応力集中度 α は各荷重範囲 (Pton-0.5ton) ごとに求め、それらを平均した値を採用した。

図-3.9 試験体R部のひずみ分布および応力集中度

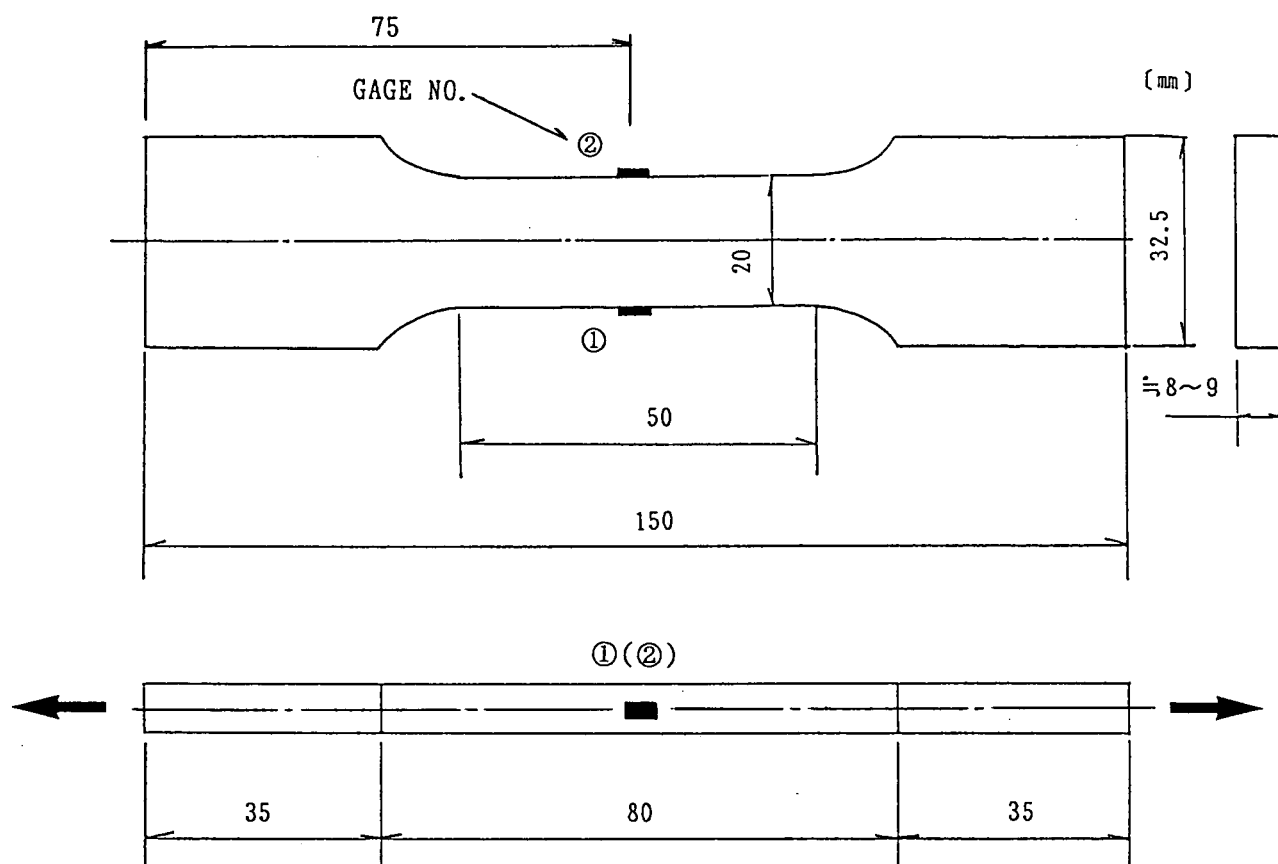


図-3.10 母材試験体へのひずみゲージ貼付位置
(疲労試験)

表-3.3 母材試験体疲労試験結果一覧表

試験体	荷重範囲(t)	載荷速度 (Hz)	実測応力範囲 (kg/cm ²)		応力集中度 ³⁾	載荷回数 (×10 ⁶ cycles)	亀裂発生 位置	試験体端部からの 亀裂発生位置 (mm)
			中央部 ¹⁾	亀裂発生部 ²⁾				
03H1	0.5~6.0	10	3478	4761	1.369	0.47	A	43
03H2	0.5~5.0	10	3018	4132	1.369	1.74	亀裂発生せず	—
03V1	0.5~5.46	10	3380	4401	1.302	0.99	A	42
03V2	0.4~6.3	10	3806	5210	1.369	0.44	A	44
06H1	0.5~6.1	25	3412	4671	1.369	0.30	A	44
06H2	0.5~5.4	25	2953	4043	1.369	8.04	亀裂発生せず	—
06V1	0.5~6.0	10	3609	4941	1.369	1.65	亀裂発生せず	—
06V2	0.5~6.8	10	3970	5435	1.369	0.32	A	43
10H1	0.5~5.7	25	3182	3182	1.000	1.37	B	70
10H2	0.5~6.5	25	3740	5120	1.369	0.18	A	45
10V1	0.5~6.0	25	3346	4581	1.369	0.59	A	43
10V2	0.5~4.7	25	2625	3594	1.369	4.14	亀裂発生せず	—
11H1	0.5~5.5	25	3018	4132	1.369	6.00	亀裂発生せず	—
11H2	0.5~6.8	25	3740	5120	1.369	0.33	A	44
11V1	0.5~6.3	25	3478	4761	1.369	0.67	A	45
11V2	0.5~5.7	25	3084	4222	1.369	2.14	亀裂発生せず	—
13H1	0.5~5.2	25	3710 ⁴⁾	5079	1.369	0.02	A	45
13H2	0.5~2.8	25	2100	2734	1.302	0.60	A	42
13V1	0.5~5.6	25	3412	4671	1.369	0.12	A	43
13V2	0.5~3.5	25	2001	2739	1.369	1.53	A	44
23H1	0.5~6.1	25	3478	3478	1.000	1.33	B	57
23H2	0.5~5.4	25	3018	4132	1.369	4.33	亀裂発生せず	—
23V1	0.5~6.3	25	3609	4941	1.369	0.43	A	45
23V2	0.5~5.7	25	3248	4229	1.302	0.52	A	42
24H1	0.5~1.9	25	1509	1509	1.000	1.34	B	59
24H2	0.5~3.7	25	2953	4043	1.369	0.07	A	45
24V1	0.5~2.5	25	1706	1436	0.842	3.11	A	39
24V2	0.5~3.5	25	2493	3413	1.369	0.54	A	44
31H1	0.5~4.7	25	2690	3502	1.302	0.50	A	42
31H2	0.5~3.4	25	2625	2625	1.000	3.16	B	72
31V1	0.5~5.9	25	3478	4761	1.369	0.35	A	45
31V2	0.5~3.6	25	1935	2649	1.369	6.20	亀裂発生せず	—
34H1	0.5~6.0	25	3478	3478	1.000	1.22	B	64
34H2	0.5~5.3	25	3018	4132	1.369	0.90	A	45
34V1	0.5~6.5	25	3609	4941	1.369	0.21	A	45
34V2	0.5~5.6	25	3215	4186	1.302	1.43	A	41

注1) 中央部実測応力範囲 σ_s' は2枚のひずみゲージを用いてヒストグラムレコーダーで計測した値の平均値。

注2) 亀裂発生部応力範囲 σ_m' は次式で求めた。

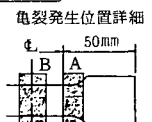
$$\sigma_m' = \sigma_s' \times \alpha$$

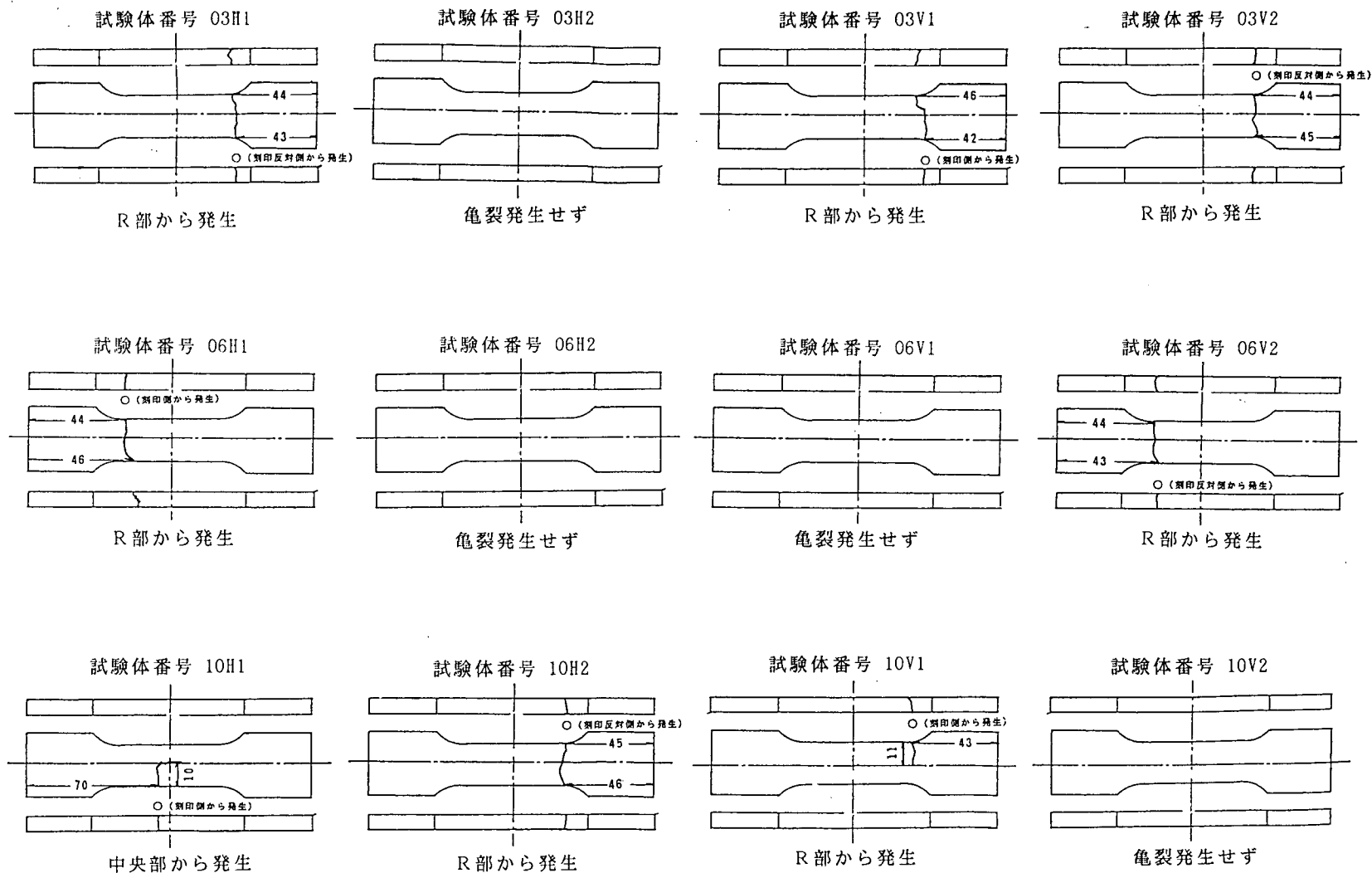
σ_s' : 中央部実測応力範囲

α : 応力集中度

注3) 応力集中度は試験体端部からの亀裂発生位置が50mmを超える場合、試験体中央部で亀裂が発生したものと考えた。50mmを超えない場合は、R部の応力集中の影響を考慮し、図-3.9中の表に示す応力集中度を採用した。

注4) 13H1試験体の中央部応力範囲はヒストグラムレコーダーから読み取ることができなかったため、実測断面積に基づく計算値で求めた。(実測の板厚t=6.33mm, 幅b=20.01mm, 断面積A=126.66mm²)





載荷方向(上側) ← → 載荷方向(下側)

注1)図は試験体の刻印側方向から見た疲労亀裂を記載。
注2)図中の○印は、疲労亀裂発生側を示す。

図-3.11(1) 母材試験体の亀裂発生位置

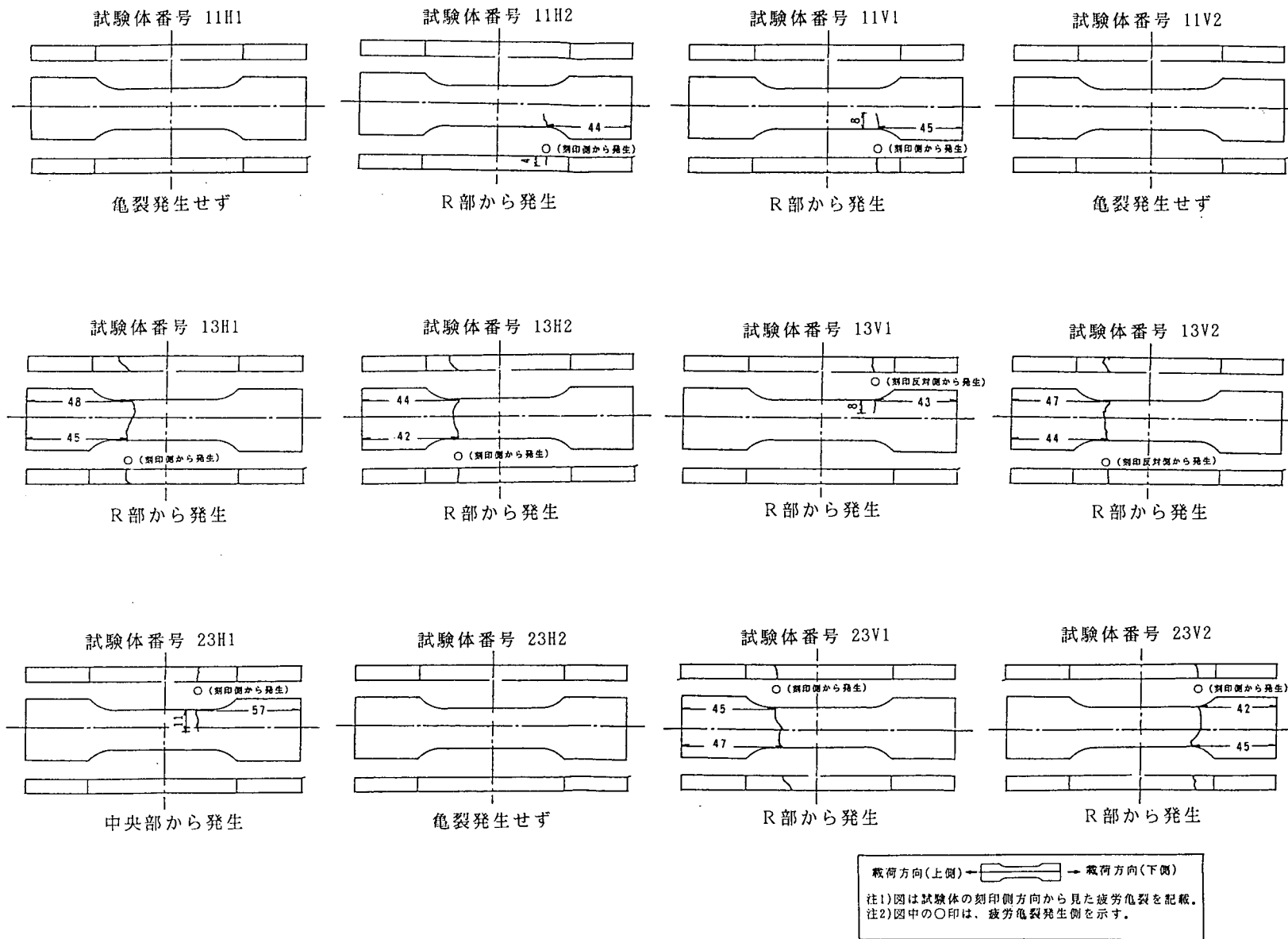


図-3.11(2) 母材試験体の亀裂発生位置

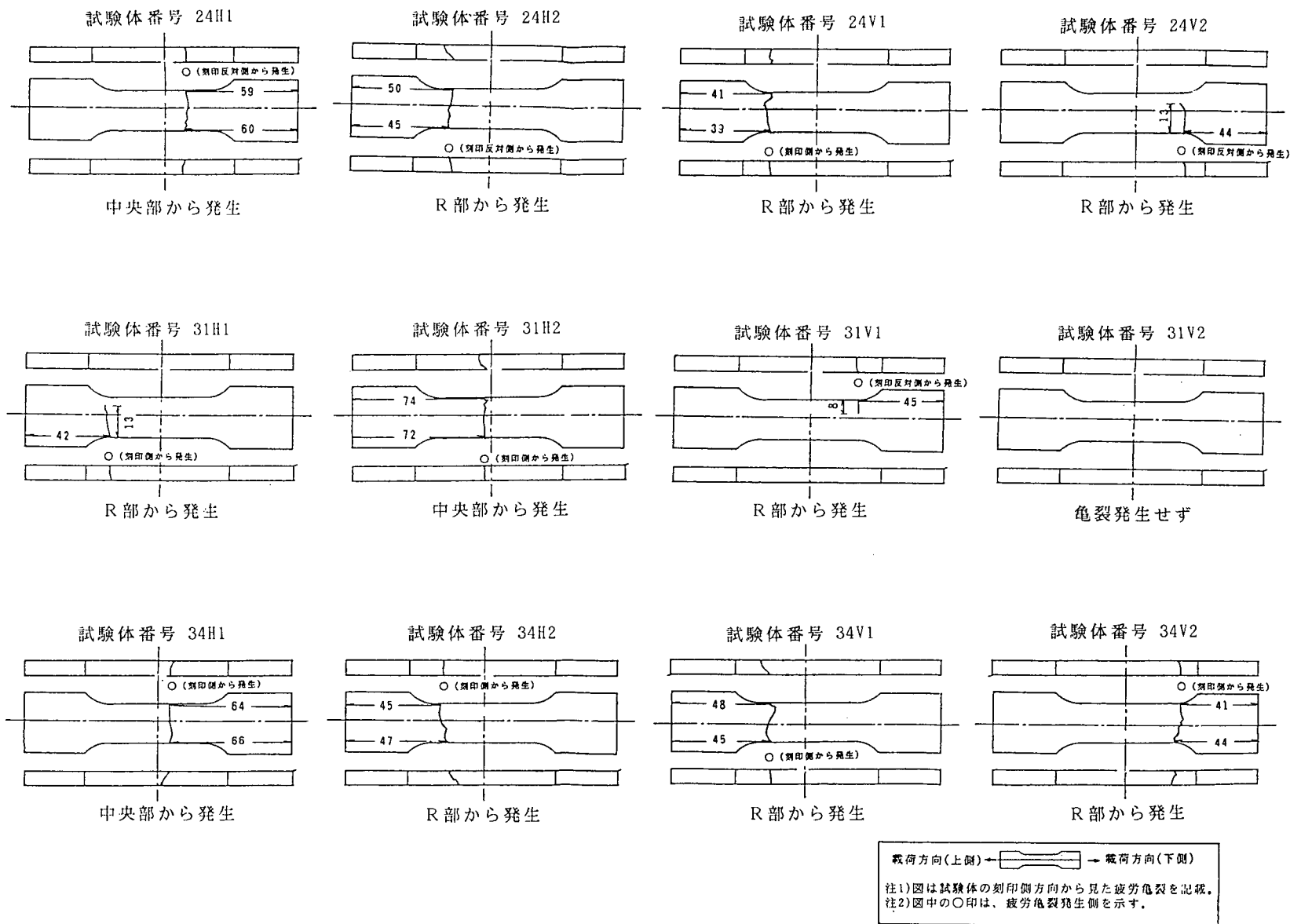
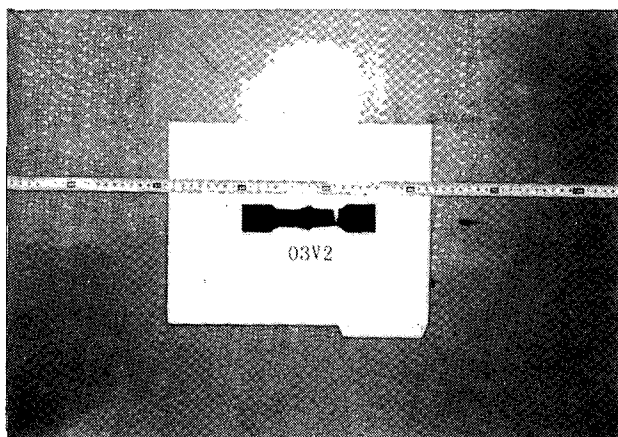
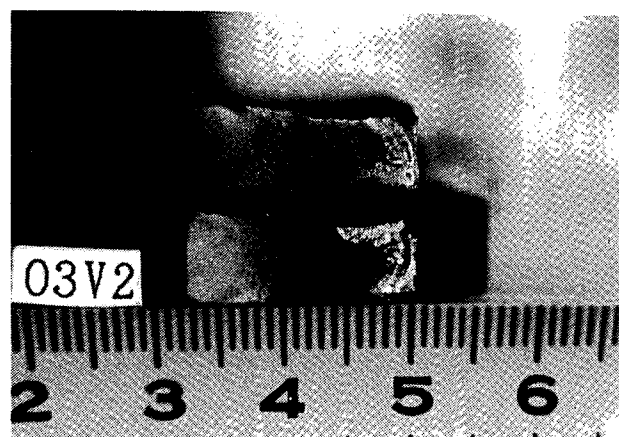


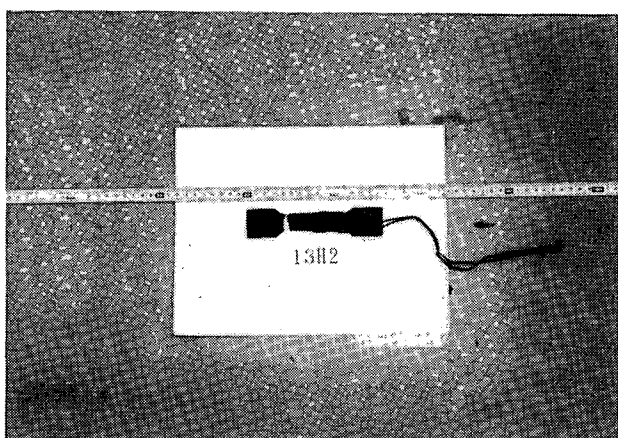
図-3.11(3) 母材試験体の亀裂発生位置



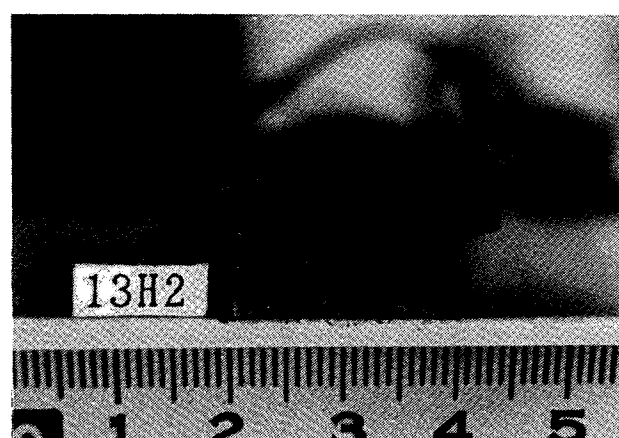
(1) 試験体03V 2 の亀裂発生位置



(2) 試験体03V 2 の亀裂発生面



(3) 試験体13H 2 の亀裂発生位置



(4) 試験体13H 2 の亀裂発生面

写真-3.2 試験体の亀裂発生状況

表-3.4 本共同研究における疲労試験と既存の疲労試験における実験値回帰式の比較

文 献 名	暴露環境	暴 露 期 間	材 質	回帰式の係数		200万回疲労強度 (kg/cm ²)	
				B 1 1)	B 2 1)		
本共同研究における疲労試験	全国9か所	・8年間(板厚減少量0.2mm未満)	SMA50AW	18.5259	-3.5006	3,106	
		・" (板厚減少量0.2mm以上～1.0mm未満)	SMA50AW	20.6069	-4.1704	2,694	
		・" (板厚減少量1.0mm以上)	SMA50AW	16.8839	-3.2979	1,618	
文献15) 国広他 建設省土木研究所資料,第729号,1972年2月	埋立地 下関 神戸 千葉	・無暴露	普通50キ口鋼	19.2947	-3.8693	2,281	
			耐候性50キ口鋼	31.1881	-7.2035	2,850	
			普通60キ口鋼	14.8041	-2.5142	2,410	
			耐候性60キ口鋼	15.4944	-2.7080	2,483	
		・2年間	普通50キ口鋼	19.5593	-4.0324	1,941	
			耐候性50キ口鋼	21.4478	-4.5518	2,126	
			普通60キ口鋼	18.8844	-3.8055	2,026	
			耐候性60キ口鋼	18.0783	-3.5578	2,043	
		・4年間	普通50キ口鋼	18.7470	-3.8099	1,848	
			耐候性50キ口鋼	23.5255	-5.1456	2,225	
			普通60キ口鋼	14.2544	-2.4907	1,560	
			耐候性60キ口鋼	17.2435	-3.3089	2,028	
文献16) 北野他 土木学会年譜概要集,1984年10月 文献20) 井藤 防錆時代5,1985年	臨海工業 海岸 山岳	・3年間	臨海工業(裸使用)	SMA50AP	23.6050	-4.9677	3,043
			海岸(裸使用)	SMA50AP	29.0110	-6.6940	2,469
			山岳(裸使用)	SMA50AP	7.8564	-0.5898	434
			海岸(さび安定化処理)	SMA50AP	52.9343	-13.3277	3,155
		臨海工業(裸使用)	SMA50AW	44.4519	-10.8985	3,166	
			海岸(裸使用)	SMA50AW	67.2907	-17.2438	3,443
			山岳(裸使用)	SMA50AW	83.9559	-21.9102	3,501
文献17),18) 皆田他 土木学会年譜概要集(1986年11月,1987年9月))	工場内 工場軒下 海浜部	・7年間	A 鋼板(L=470mm)	SMA50	文献には、繰返回数、応力範囲および回帰式が数値で示されていないため、文献中の図に示されている回帰式を直接読みとり比較している。		
			B 鋼板(L=470mm)	SMA50			
			C 鋼板(L=470mm)	SMA50			
			D 鋼板(L=415mm)	SMA50			
		さび付着材 さび除去材	・約25年間	E 鋼板(L=415mm)			SS41
				さび付着材			
		F 鋼板(L=415mm)		SS41			
		さび付着材 さび除去材					

注1)次式で表される回帰式の係数

$$\log Sf = B1 + B2 \log \sigma_r$$

なお、既存の文献による回帰式は破断した試験体の応力範囲と繰返し回数の結果に基づき、新たに計算して求めた式である。したがって、文献中に示される回帰式と異なる場合もある。

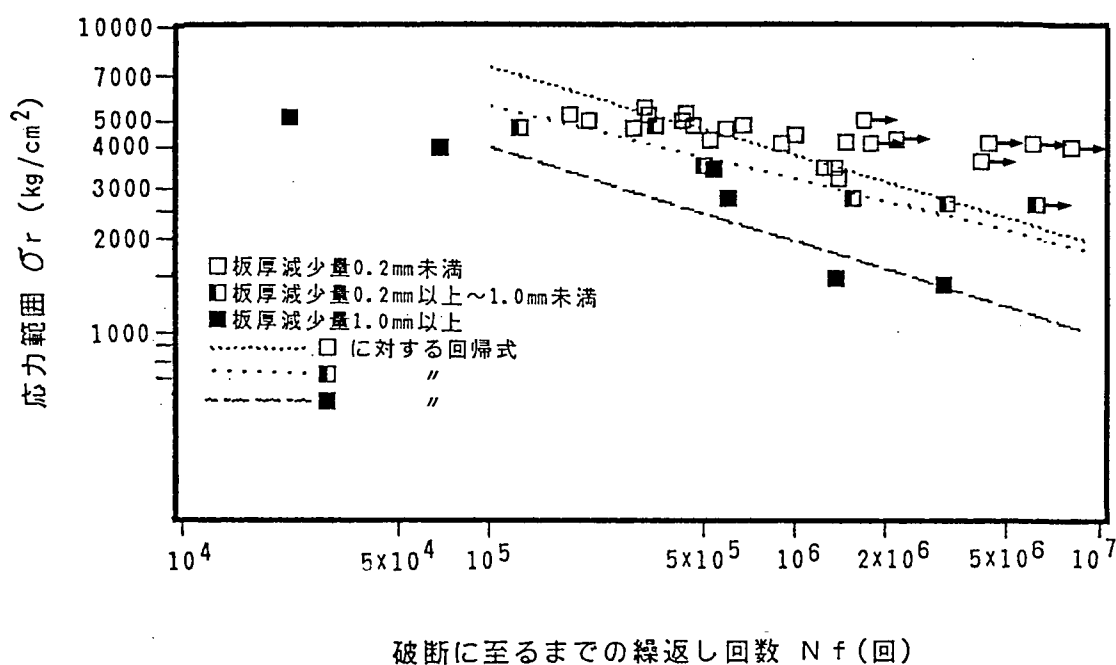


図-3.12(1) 暴露8年目の母材試験体の疲労強度

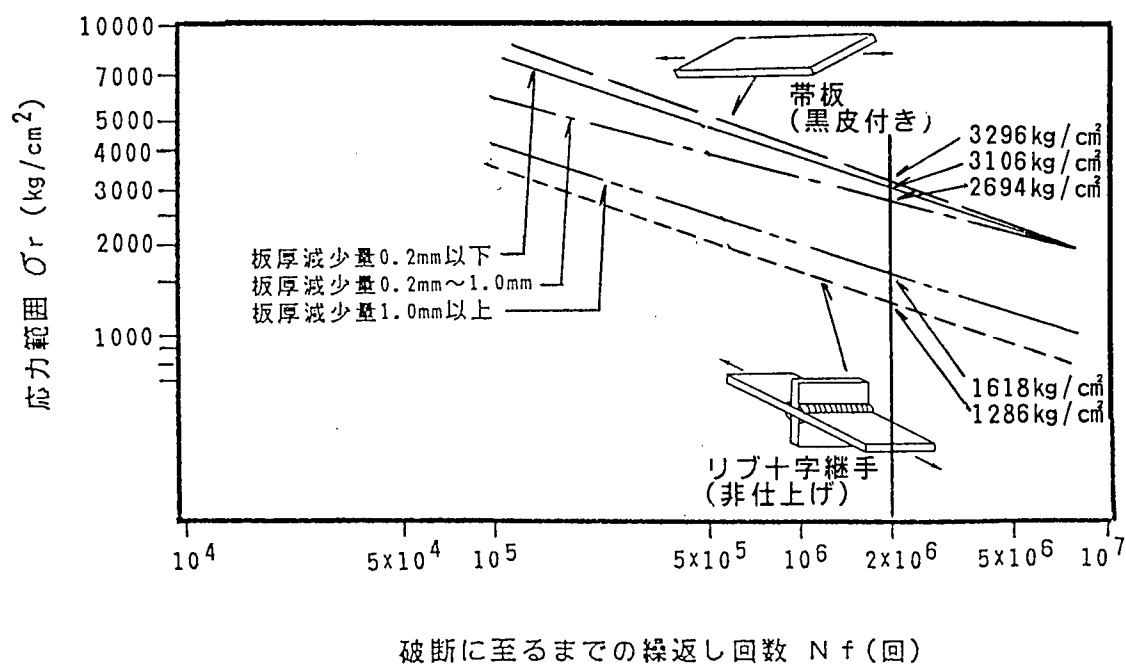


図-3.12(2) 普通鋼の母材および継手の疲労強度¹⁰⁾との比較

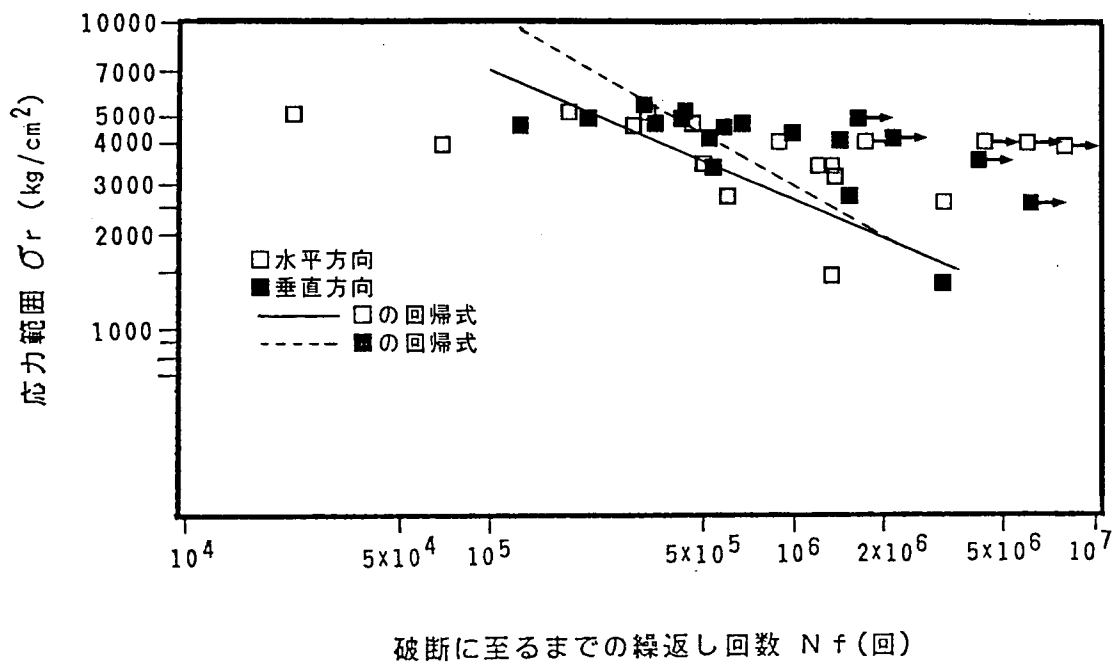


図-3.13 暴露8年目の母材試験体の疲労強度
(暴露方向別に整理)

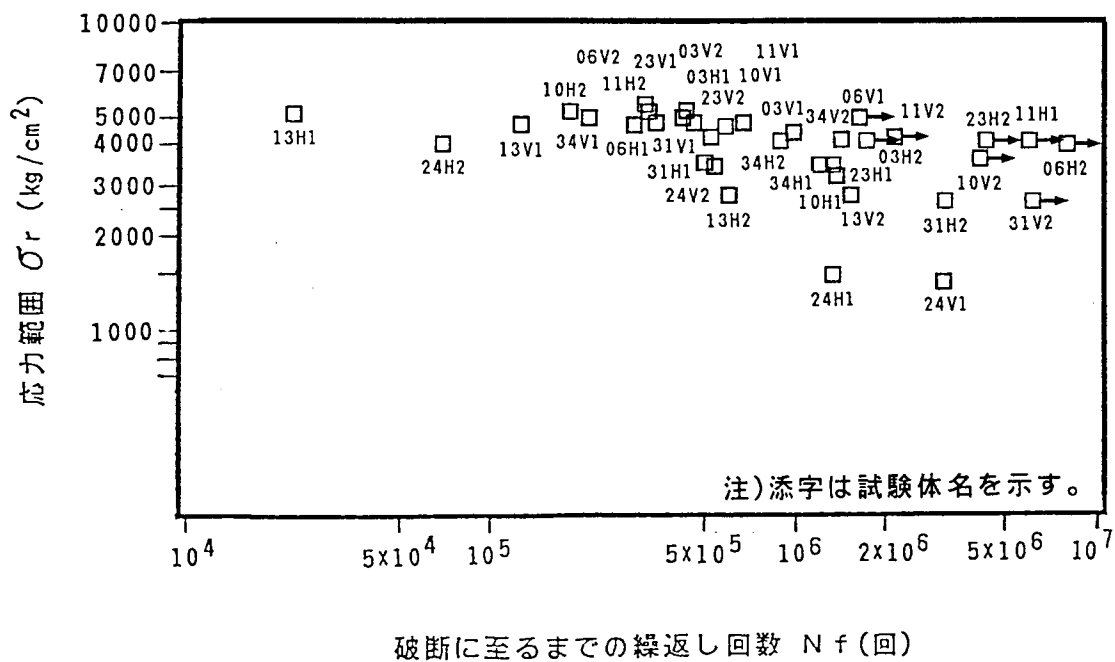


図-3.14 暴露8年目の母材試験体の疲労強度
(試験体名別に整理)

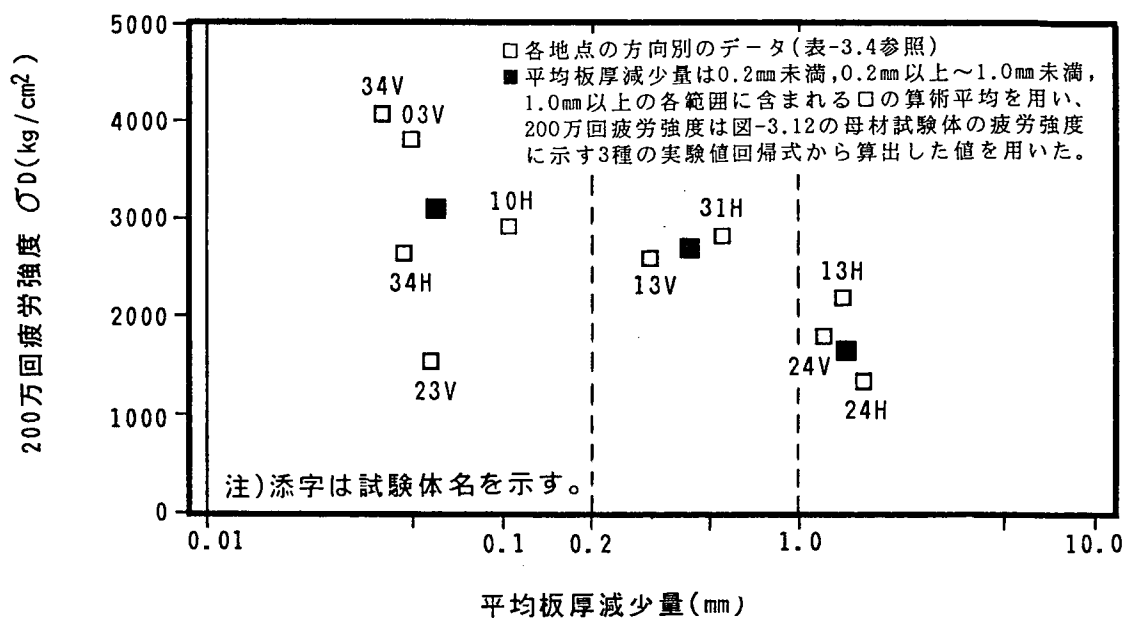


図-3.15(a) 全国暴露試験で測定した小型試験片の暴露9年目の平均板厚減少量と今回の試験結果より算定した200万回疲労強度との関係

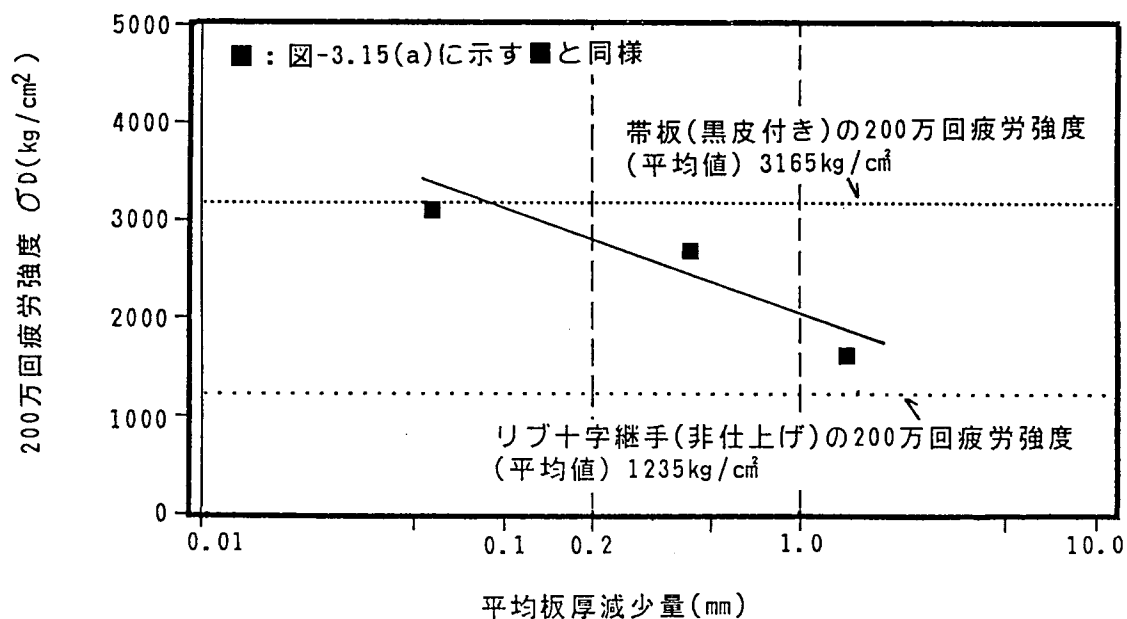


図-3.15(b) 普通鋼の母材および継手の疲労強度との比較

表-3.5 全国暴露試験で測定した小型試験片の暴露9年目の平均板厚減少量と
今回の試験結果より算定した200万回疲労強度

暴露地点	垂 直 方 向		水 平 方 向	
	平均板厚減少量 ¹⁾ (mm)	200万回疲労 ²⁾ 強度(kg/cm ²)	平均板厚減少量 ¹⁾ (mm)	200万回疲労 ²⁾ 強度(kg/cm ²)
03	0.049	3797	0.074	—
06	0.032	—	0.043	—
10	0.093	—	0.104	2911
11	0.044	—	0.047	—
13	0.310	2586	1.403	2183
23	0.057	1528	0.061	—
24	1.204	1786	1.639	1323
31	0.247	—	0.548	2820
34	0.039	4067	0.046	2630

注1) 全国暴露試験で測定した小型試験片の暴露9年目の平均板厚減少量

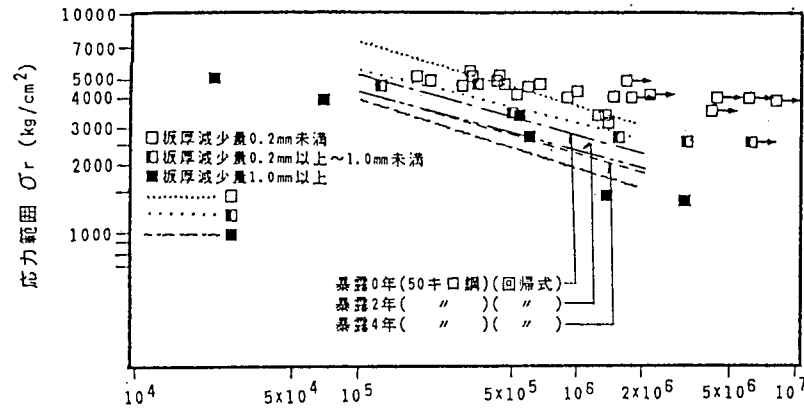
注2) 疲労試験は各地点の方向別にそれぞれ2体ずつ行っている。200万回疲労強度はその2体の結果を結んだ直線から算出した。“—”は、未破断を含んでいることを示す。

表-3.6(1) 本共同研究における疲労試験と既存の疲労試験との比較

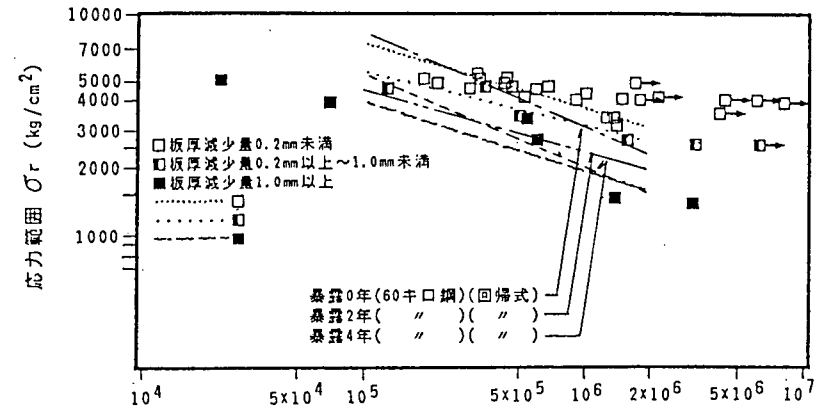
文 献 名	鋼 種	暴 露 地 点	暴 露 期 間	載 荷 方 法	腐 食 の 状 況	試 験 体 数	試 験 体 の 寸 法 形 状 (mm)																																																																									
本共同研究における疲労試験	SMA50AW	・暴露地点は全国9カ所で、詳細は以下のとおりである。 1)北海道(滝笛橋)----支笏湖側・山間部 海岸からの距離40.0km 2)東北(大洞橋)-----宮城-山形県境近く・山間部・海岸からの距離45.0km 3)関東(海老川大橋)--東京湾に面し工業地帯・海岸からの距離0.0km 4)関東(尾張屋橋)----横浜市内・都市部 海岸からの距離2.0km 5)北陸(米山大橋)----日本海に面し海岸部(塩害問題)・海岸からの距離0.3km 6)近畿(西淀川高架橋)---大阪市・工業地帯・海岸からの距離2.0km 7)中国(浜村橋)-----山陰・日本海に面し海岸部・海岸からの距離0.1km 8)四国(安田川橋)----土佐湾に面し海岸部・海岸からの距離0.1km 9)九州(西の谷橋)----大分県・山間部・海岸からの距離24.0km ・試験片は実橋(プレートガーダー橋)の主桁間をまたぐようにして、下フランジ部に設置した。	8年	引張り	・全国暴露試験で測定した小型試験片の暴露9年目までの腐食量調査結果をまとめると以下のとおりである。	9地点とも水平、垂直方向各2体 計 36体																																																																										
		<table><tr><th rowspan="2">項 目</th><th colspan="3">暴 露 地 点</th><th colspan="2">平均板厚減少量(mm)</th><th rowspan="2">海岸からの距離(km)</th><th rowspan="2">備 考</th></tr><tr><th>地方</th><th>橋梁名</th><th>地点番号</th><th>垂直方向</th><th>水平方向</th></tr><tr><td rowspan="3">海岸部</td><td>北陸</td><td>米山大橋</td><td>13</td><td>0.310</td><td>1.403</td><td>0.3</td><td>日本海に面し海岸部(塩害問題)</td></tr><tr><td>中国</td><td>浜村橋</td><td>24</td><td>1.704</td><td>1.639</td><td>0.1</td><td>山陰・日本海に面し海岸部</td></tr><tr><td>四国</td><td>安田川橋</td><td>31</td><td>0.247</td><td>0.548</td><td>0.1</td><td>土佐湾に面し海岸部</td></tr><tr><td rowspan="2">工業地帯</td><td>関東</td><td>海老川大橋</td><td>10</td><td>0.093</td><td>0.104</td><td>0.0</td><td>東京湾に面し工業地帯</td></tr><tr><td>近畿</td><td>西淀川高架橋</td><td>23</td><td>0.057</td><td>0.061</td><td>2.0</td><td>大阪市・工業地帯</td></tr><tr><td>都市部</td><td>関東</td><td>尾張屋橋</td><td>11</td><td>0.044</td><td>0.047</td><td>2.0</td><td>横浜市内・都市部</td></tr><tr><td rowspan="3">山間部</td><td>北海道</td><td>滝笛橋</td><td>03</td><td>0.049</td><td>0.074</td><td>40.0</td><td>支笏湖側・山間部</td></tr><tr><td>東北</td><td>大洞橋</td><td>06</td><td>0.032</td><td>0.043</td><td>45.0</td><td>宮城-山形県境近く・山間部</td></tr><tr><td>九州</td><td>西の谷橋</td><td>34</td><td>0.039</td><td>0.046</td><td>24.0</td><td>大分県・山間部</td></tr></table> ・全国暴露試験で測定した小型試験片の暴露9年目までの板厚減少量と離岸距離との関係を以下に示す。 			項 目	暴 露 地 点			平均板厚減少量(mm)		海岸からの距離(km)	備 考	地方	橋梁名	地点番号	垂直方向	水平方向	海岸部	北陸	米山大橋	13	0.310	1.403	0.3	日本海に面し海岸部(塩害問題)	中国	浜村橋	24	1.704	1.639	0.1	山陰・日本海に面し海岸部	四国	安田川橋	31	0.247	0.548	0.1	土佐湾に面し海岸部	工業地帯	関東	海老川大橋	10	0.093	0.104	0.0	東京湾に面し工業地帯	近畿	西淀川高架橋	23	0.057	0.061	2.0	大阪市・工業地帯	都市部	関東	尾張屋橋	11	0.044	0.047	2.0	横浜市内・都市部	山間部	北海道	滝笛橋	03	0.049	0.074	40.0	支笏湖側・山間部	東北	大洞橋	06	0.032	0.043	45.0	宮城-山形県境近く・山間部	九州	西の谷橋	34
項 目	暴 露 地 点			平均板厚減少量(mm)		海岸からの距離(km)	備 考																																																																									
	地方	橋梁名	地点番号	垂直方向	水平方向																																																																											
海岸部	北陸	米山大橋	13	0.310	1.403	0.3	日本海に面し海岸部(塩害問題)																																																																									
	中国	浜村橋	24	1.704	1.639	0.1	山陰・日本海に面し海岸部																																																																									
	四国	安田川橋	31	0.247	0.548	0.1	土佐湾に面し海岸部																																																																									
工業地帯	関東	海老川大橋	10	0.093	0.104	0.0	東京湾に面し工業地帯																																																																									
	近畿	西淀川高架橋	23	0.057	0.061	2.0	大阪市・工業地帯																																																																									
都市部	関東	尾張屋橋	11	0.044	0.047	2.0	横浜市内・都市部																																																																									
山間部	北海道	滝笛橋	03	0.049	0.074	40.0	支笏湖側・山間部																																																																									
	東北	大洞橋	06	0.032	0.043	45.0	宮城-山形県境近く・山間部																																																																									
	九州	西の谷橋	34	0.039	0.046	24.0	大分県・山間部																																																																									

表-3.6(2) 本共同研究における疲労試験と既存の疲労試験との比較

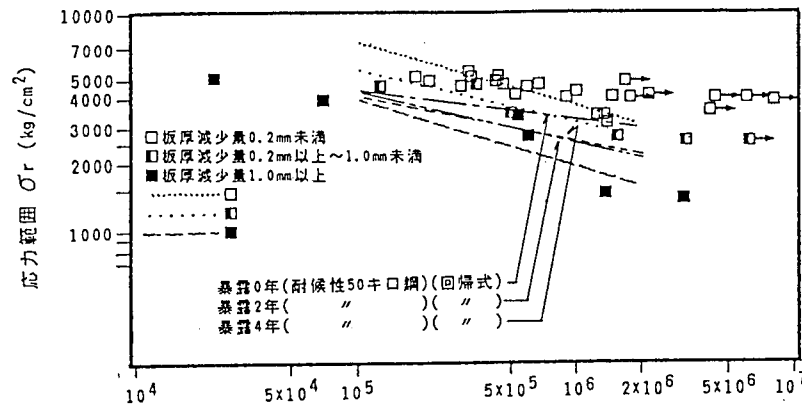
文 献 名	鋼 種	暴 露 地 点	暴 露 期 間	載 荷 方 法	腐 食 の 状 況	試 験 体 数	試 験 体 の 寸 法 形 状 (mm)
文献15) 国広他 建設省土木研究 所資料,第729号, 1972.2	1)50キロ鋼 (普通鋼) 2)耐候性50キロ鋼 (耐候性鋼) 3)60キロ鋼 (普通鋼) 4)耐候性60キロ鋼 (耐候性鋼)	・暴露地点は下関(下関市みもす川町)、 神戸(神戸市兵庫区和田崎町3丁目)、 および千葉(千葉市六川)の3地点。 ・亜硫酸ガスおよび海塩粒子の分析を行 っている。亜硫酸ガスについては同じ地 点でも時期によって大きな差があること が確認されている。海塩粒子については 1)~4)の鋼材はそれぞれ、 日本国内主要 鋼板メーカー7社 の鋼材を使用 している。	・無暴露 ・2年間 ・4年間	引張り	・腐食減量については耐候性鋼、普通鋼とでは暴 露2年ではほとんど差はないが4年では差が生じる すなわち、腐食減量は普通鋼では暴露期間と比例 して増えるのに対して、耐候性鋼では経年ととも に増加率がにぶってくる。 ・腐食減量の地域差も暴露4年で生じ、下関が一 番多く、神戸、千葉は同程度であった。暴露開始 時に大気分析により測定した上記3地点の亜硫酸 ガスおよび海塩粒子の濃度と腐食減量との相関は あまり見られない。下関の場合、関門国道トンネ ルからの自動車の排気ガスの影響が大きかったと 考えられる。	・無暴露 50キロ鋼(7社) 31体 耐候性50キロ鋼(7社) 30体 60キロ鋼(6社) 26体 耐候性60キロ鋼(6社) 34体 ・2年間 50キロ鋼(7社) 38体 耐候性50キロ鋼(7社) 34体 60キロ鋼(6社) 31体 耐候性60キロ鋼(6社) 32体 ・4年間 50キロ鋼(7社) 46体 耐候性50キロ鋼(7社) 42体 60キロ鋼(6社) 39体 耐候性60キロ鋼(6社) 41体 計 424体	
文献16) 北野他 土木学会年講概要 集,1984年10月 文献20) 井藤 防錆時代5,1985年	SNA50AP SNA50AW	・暴露地点は臨海工業、海岸、山岳の3 地点である。	3年間	引張り	・暴露3年目の腐食量の比較を地域ごとに見ると 海岸地域が最も腐食量が多く、次いで臨海工業地 域、山岳地域の順となった。また腐食量の多い海 岸地域での腐食孔の深さは最大で1.26mmに達して いた。	・3年間 1)SNA50AP 臨海工業(使用用) 4体 海岸(使用用) 4体 山岳(使用用) 4体 海岸(さび安定化処理) 3体 2)SNA50AW 臨海工業(使用用) 4体 海岸(使用用) 4体 山岳(使用用) 4体 計 27体	
文献17) 皆田他 土木学会年講概要 集,1986年11月 文献18) 皆田他 土木学会年講概要 集,1987年9月	SNA50 SS41	・試験片は7年間工場敷地内で大気暴露 されたH型钢のフランジおよび鋼板より 採取した耐候性鋼板3種類(以下A、B、お よびC鋼板と略称)と7年間工場敷地内で 大気暴露されたH型钢鋼腹板から採取した 耐候性鋼板1種類(以下D鋼板と略称)、さ らに約25年間海浜部で使用されていた架 設台H型钢フランジおよび腹板から採取 した軟鋼2種類(以下EおよびF鋼板と略称)である。A-C鋼板の詳細な環境条件を以 下に示す。 A鋼板 --- 工場内、地上1m、地角70°、本コリ腐蝕なし B鋼板 --- 工場内、地上3m、日照なし、本コリ腐蝕なし、隣部による ぬれなし C鋼板 --- 地上10cm、地角70°、日照ほとんどなし、本コリ腐 蝕なし、隣部によるぬれあり、工場内下	・7年間 (A-D鋼板) ・約25年間 (E-F鋼板)	引張り	・A-C鋼板の表面最大アラサ振幅A鋼板40~100μm 、B鋼板150μm、C鋼板100μmであった。AおよびC 鋼板の表面アラサの最大値に差はない。一方、B 鋼板はAおよびC鋼板の表面アラサの最大値に比 べて大きく、またアラサ曲線はC鋼板に比べて凹凸 は大きかった。 ・A-C鋼板の錆層を光学顕微鏡で観察した結果、A およびC鋼板の錆層は比較的平坦であり、B鋼板で は凹凸の大きいものであった。 ・錆厚さは、B鋼板(67μm)>C鋼板(51.7μm)>A 鋼板(21.5μm)であった。	・7年間(SNA50) A鋼板(L=470mm) 6体 B鋼板(L=470mm) 6体 C鋼板(L=470mm) 6体 D鋼板(L=415mm) 9体 さび付鋼材 5体 ・約25年間(S41) E鋼板(L=415mm) 8体 さび付鋼材 4体 さび付鋼材 5体 計 49体	



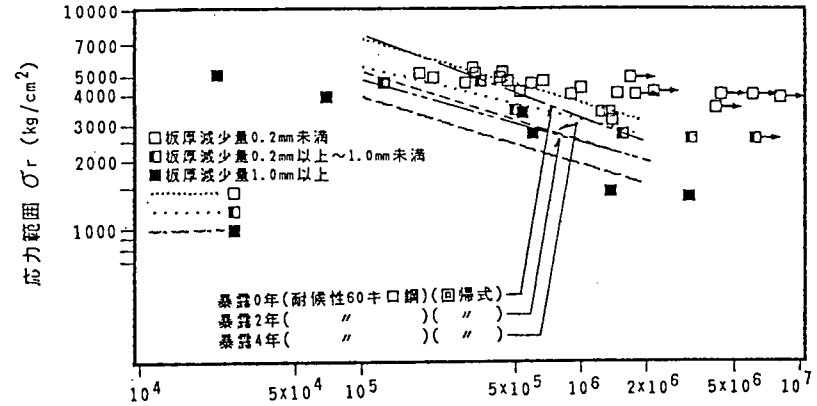
(1) 文献15)の試験結果(50キ口鋼)との比較



(3) 文献15)の試験結果(60キ口鋼)との比較

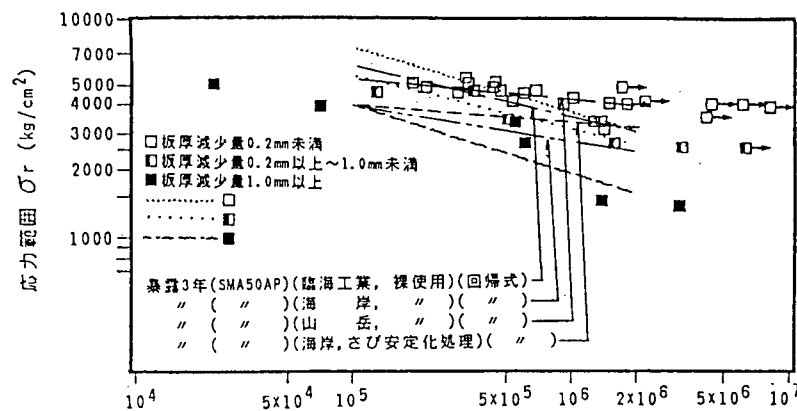


(2) 文献15)の試験結果(耐候性50キ口鋼)との比較



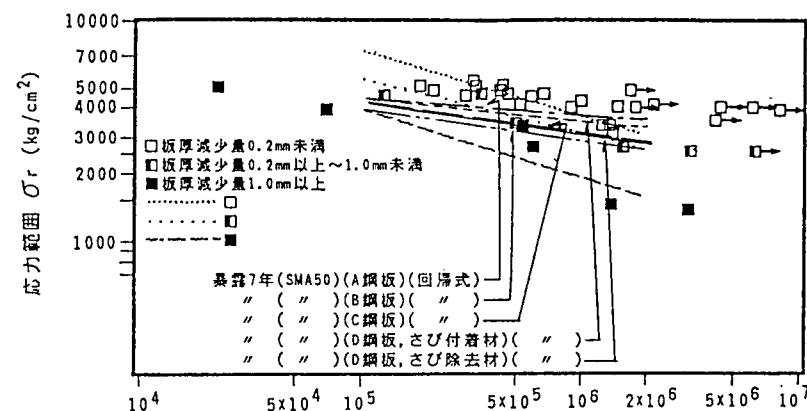
(4) 文献15)の試験結果(耐候性60キ口鋼)との比較

図-3.16(1) 既存の文献の試験結果との比較



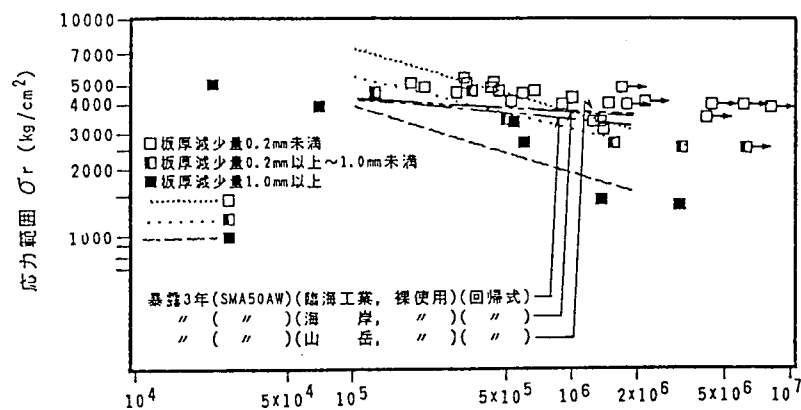
破断に至るまでの繰返し回数 N_f (回)

(5) 文献16), 20) の試験結果(SMA50AP) との比較



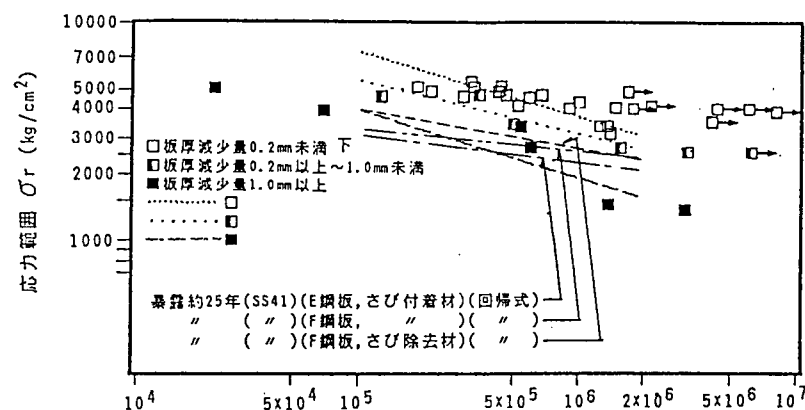
破断に至るまでの繰返し回数 N_f (回)

(7) 文献17), 18) の試験結果(SMA50) との比較



破断に至るまでの繰返し回数 N_f (回)

(6) 文献16), 20) の試験結果(SMA50AW) との比較



破断に至るまでの繰返し回数 N_f (回)

(8) 文献17), 18) の試験結果(SS41) との比較

図-3.16(つづき) 既存の文献の試験結果との比較

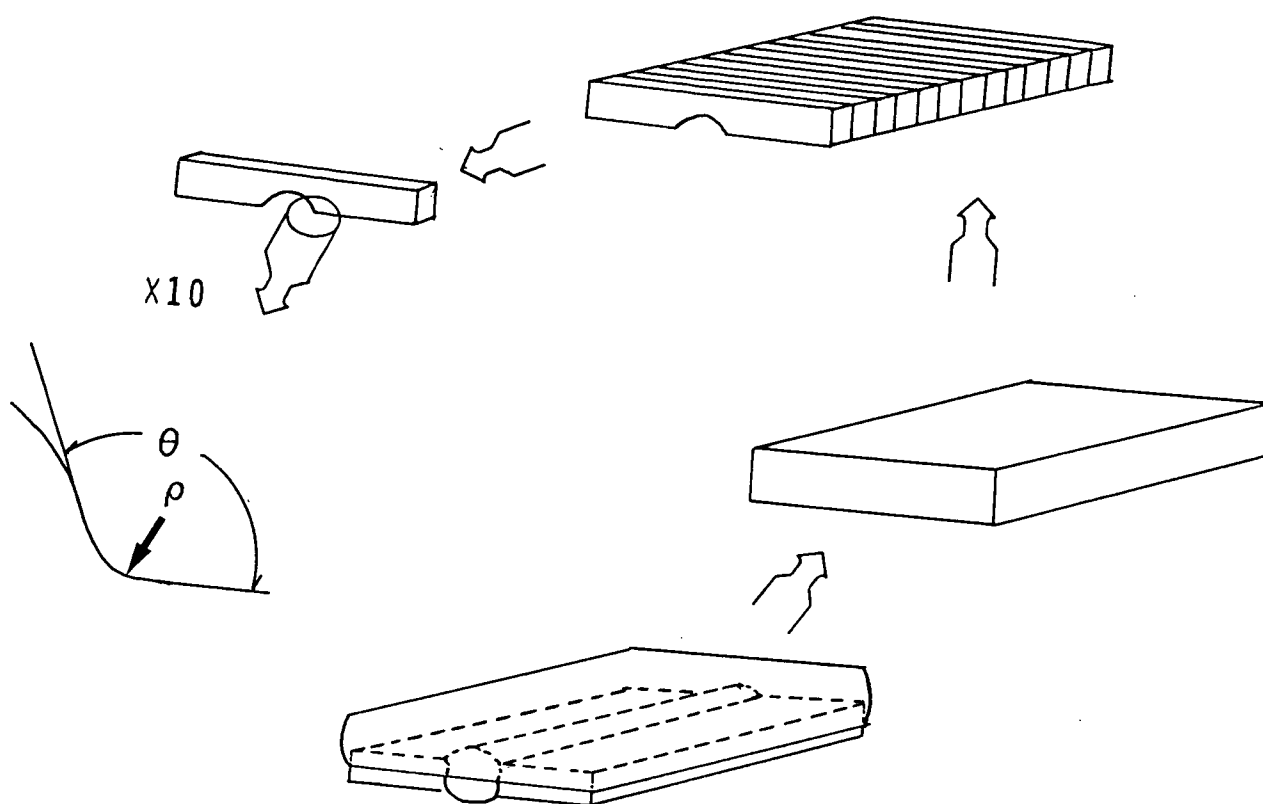


図-3.17 溶接止端部形状の測定方法

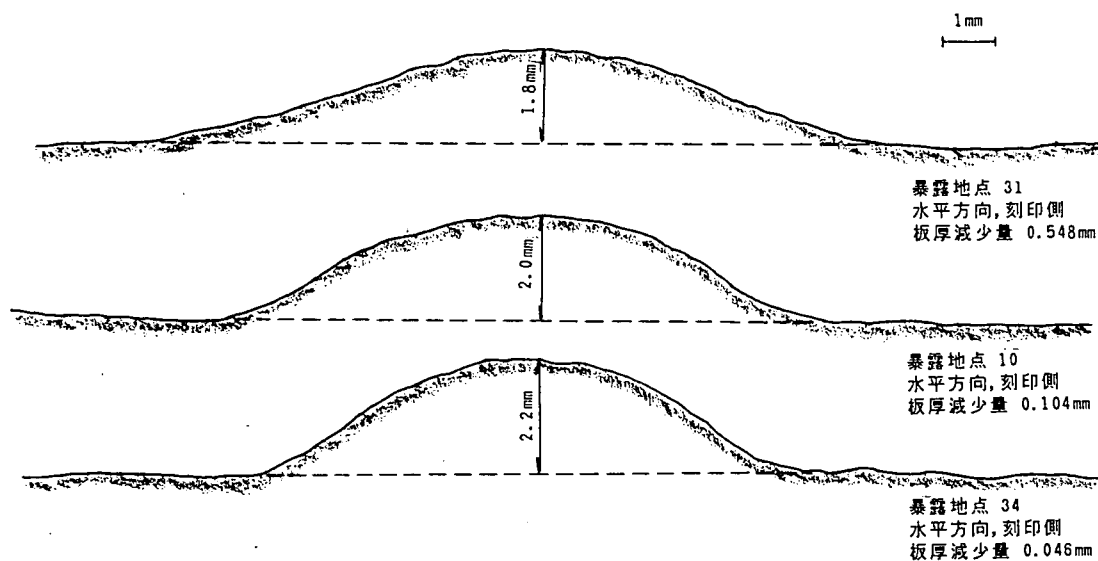
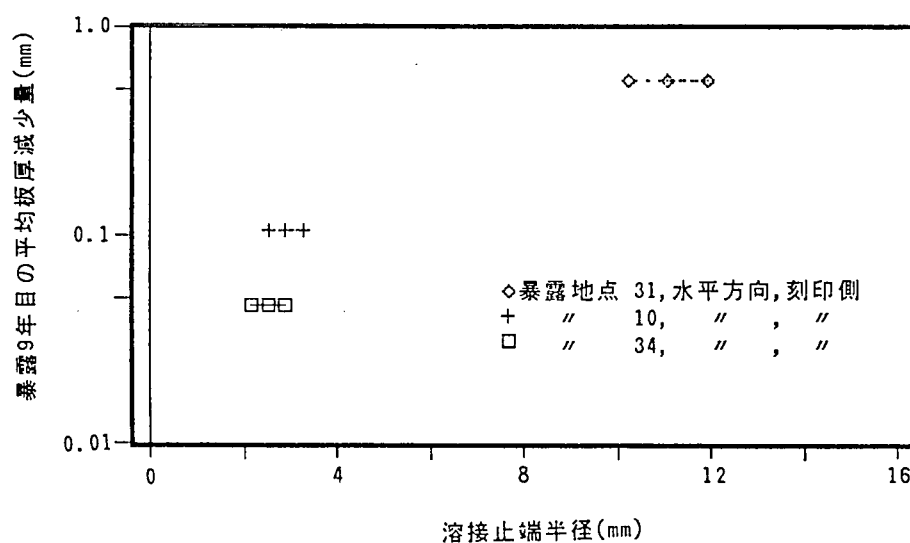


図-3.18 溶接部試験体の溶接止端形状



試 験 体	止端半径 ρ (mm)			試験体数
	平均值	95%信頼区間		
		上 限	下 限	
暴露地点31, 水平方向, 刻印側	11.088	11.943	10.233	50
暴露地点10, 水平方向, 刻印側	2.890	3.268	2.512	50
暴露地点34, 水平方向, 刻印側	2.528	2.879	2.177	50

図-3.19 全国暴露試験で測定した小型試験片の暴露9年目の板厚減少量と溶接止端半径 ρ の平均値および95%信頼区間（溶接止端半径 ρ が正規分布すると仮定）

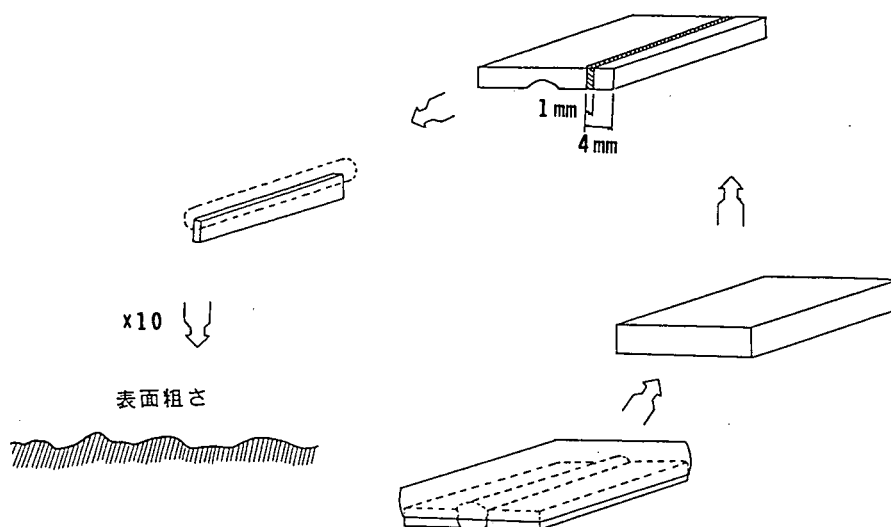


図-3.20 母材部表面粗さの測定方法

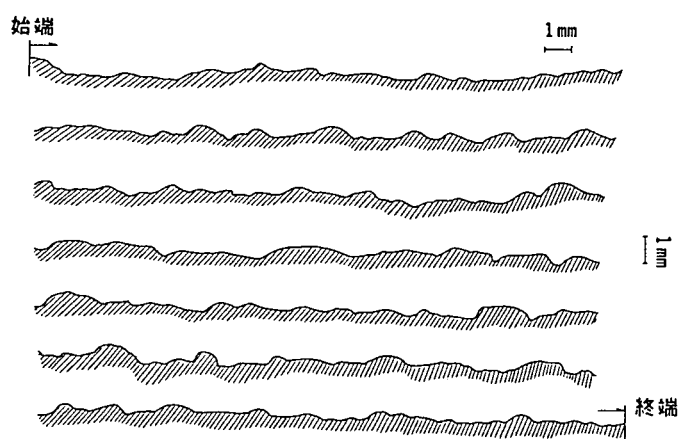


図-3.21(1) 母材部表面粗さの測定結果
(暴露地点24, 水平方向, 刻印側 (上面))

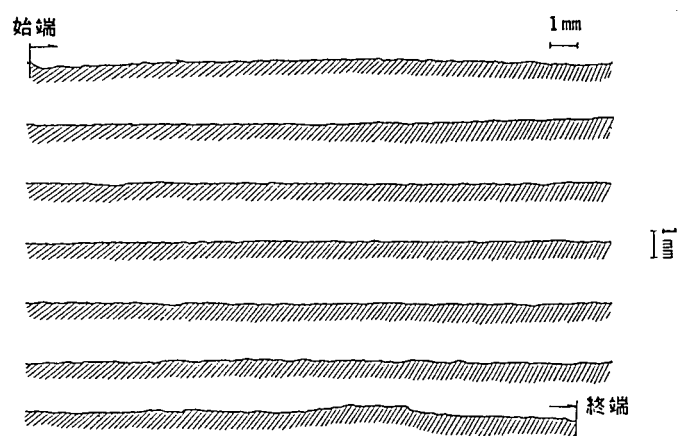
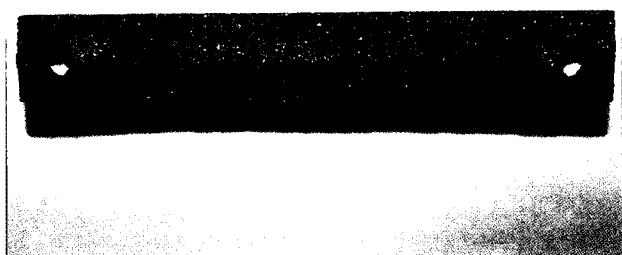


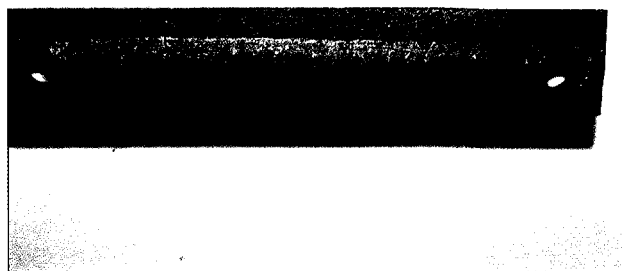
図-3.21(2) 母性部表面粗さの測定結果
(暴露地点34, 水平方向, 刻印側 (上面))

24H刻印側



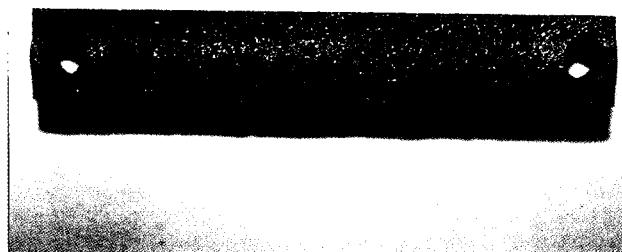
(1) 暴露地点24, 水平, 上面

34H刻印側



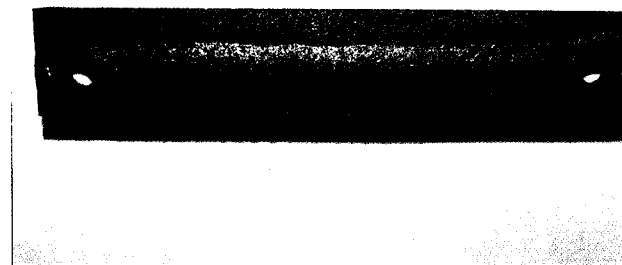
(3) 暴露地点34, 水平, 上面

24H刻印反対側



(2) 暴露地点, 24, 水平, 下面

34H刻印反対側



(4) 暴露地点34, 水平, 下面

写真-3.3 溶接部試験体の表面状況（暴露地点24, 34の水平方向）

耐候性鋼材の橋梁への適用に関する
共同研究報告書 (XVI)
－暴露試験片の疲労試験結果－

共同研究報告書第70号
平成4年3月(1992)

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 本共同研究では、耐候性鋼を無塗装で使用する無塗装耐候性橋梁の適用可能な環境条件や設計、施工及び維持管理上注意すべき事項を明らかにするため、耐候性鋼の小型試験片による全国暴露試験を中心とした各種検討を、昭和56年度より11箇年の計画で実施している。昭和60年度には、3年間の暴露試験結果をもとに、「無塗装耐候性橋梁の設計・施工要領(案)」(昭和61年3月)を作成している。
本報告は、8年間暴露した大型暴露試験体から加工したリブ十字溶接継手試験体および母材試験体の疲労実験結果について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、リブ十字溶接継手、母材、疲労強度

郵便はがき

41円切手
をはって
下さい

305-□□

茨城県つくば市大字旭一番地

建設省土木研究所

橋梁研究室 御中

No. 13

No. 13

配布先氏名

配布先住所



土木研究所共同研究報告書第70号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名

印

