

## 第5章 鋼板表面処理状態がすべり耐力に及ぼす影響とすべり係数の提案

### 5.1 概論

これまで述べてきたように、高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力は鋼板表面処理の違いによって大きく変化する。鋼板表面処理の種類を大きく分けると、無塗装処理面（グラインダー、ブラストなど）、赤錆面、塗装処理（ジンクリッチペイント、溶融亜鉛めっきなど）がある。ここでは、その中でも代表的な処理方法である無塗装処理、赤錆面、塗装処理（無機ジンクリッチペイント、高摩擦有機ジンクリッチペイント）を対象として、それぞれの鋼板表面処理がすべり耐力に及ぼす影響を定量的に解明するとともに、鋼板表面処理に応じたすべり係数の検討を行なう。高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力に関する研究はこれまでに数多く行なわれているため、本研究で行なったすべり耐力試験結果に加えて、既往の実験データも含めて検討を行なった。なお、降伏先行型継手の場合はすべり耐力が低下することが考えられるため、本研究では降伏の影響がない $\beta = 1.0$ 未満のすべり先行型継手のみを対象として文献整理を行なった。調査した文献は、参考文献の(15)~(42)である。なお、文献データは締付け時から試験までの期間を1週間以内のものを採用した。また、塗装処理については塗装面を屋外曝露していないもののみを採用した。

### 5.2 無塗装処理面

#### 5.2.1 すべり係数と表面粗さの関係

無塗装処理を施した継手のすべり係数と粗さの関係を図-5.1に示す。図-5.1(a)は本実験で得られた結果、図-5.1(b)は文献データも含めた結果を示している。図-5.1(a)の直線は最小二乗法により求めた表面粗さに対するすべり係数の近似直線である。すべり係数と粗さの相関係数は0.960と非常に高い相関があり、表面処理の種類に関わらず、算術平均粗さが大きくなるにしたがって、すべり係数も高くなる傾向が認められる。したがって、無塗装処理を施した継手の場合、すべり係数は算術平均粗さに依存すると考えられる。文献データも含めた図-5.1(b)では、すべり係数と粗さの関係に大きなばらつきが見られる。特に本実験結果は他の文献よりも、粗さに対するすべり係数の値が低くなっている。また、文献データのみで検討したすべり係数と粗さの相関係数についても0.533と高い相関は認められない。したがって、算術平均粗さ以外にもすべり耐力に影響を及ぼす因子が考えられる。

#### 5.2.2 すべり係数とボルト列数の関係

図-5.1(b)で示したように、本実験で得られたすべり係数は他の文献データよりも低い値となっている。本実験では試験体の片側ボルト列数を3列としているのに対して、比較した文献は全て片側2列となっている。したがって、本実験のすべり係数が低かった原因としてボルト列数の影響が考えられる。図-5.2は、ボルト列数をパラメータとして整理した文献30)および文献31)におけるすべり係数と無機ジンクリッチペイ

ント膜厚の関係を示す。鋼板表面処理に関わらず、全ての試験体で2列側よりも3列側のすべり係数が低くなる傾向が認められる。

### 5. 2. 3 すべり係数と鋼材の種類の関係

すべり係数と算術平均粗さの関係を鋼材別にまとめたグラフを図-5.3と図-5.4に示す。図中の直線は、最小二乗法により求めた鋼材ごとの粗さに対するすべり係数の近似直線である。また、四角で囲まれた範囲は、文献データに粗さが記載されていなかったものに関して、種々の処理方法から得られる表面粗さを推定して、すべり係数と粗さの関係を予測したものである。鋼材別にみたすべり係数と粗さの相関係数はSM400で0.477と低い値となっているものの、SM490Yで0.617と相関が認められ、SS400とSM490ではそれぞれ0.810、0.960と非常に高い相関が認められた。また、SM400、SM490、SS400に比べて、降伏強度の高いSM490YおよびSM570ではすべり係数が低くなっている。したがって、鋼材の静的強度がすべり係数に影響を及ぼすと考えられる。無塗装処理の試験後の鋼板表面(写真-3.4, 写真-3.5, 写真-4.18, 写真-4.19)を観察すると、ボルト孔周辺の表面が削れていることから、すべり耐力は鋼板表面同士の噛合いに影響されると考えられる。降伏強度の低い鋼材の方が、ボルトを締付けることにより生じる材間の接触圧によって微小な表面の凹凸が局部的に塑性しやすいため、摩擦面同士がよく噛合いすべり耐力が高くなったのではないかと思われる。

### 5. 2. 4 すべり耐力に影響を及ぼす因子とすべり係数の検討

無塗装処理(グラインダー、ブラスト)の継手のすべり耐力は、鋼板表面の粗さ(算術平均粗さ)、ボルト列数および鋼材の種類に依存すると考えられる。鋼板表面の粗さは、粗いほどすべり係数が高くなると考えられる。ボルト列数は2列ボルトの方が3列ボルト継手よりもすべり係数が若干高くなると考えられる。鋼材の静的強度による影響として、降伏強度が低い鋼材ですべり係数が高くなる傾向が認められる。

次に、設計で用いるための無塗装処理面のすべり係数を検討する。図-5.5はすべり係数と算術平均粗さの関係を示したもので、図-5.5(a)は降伏強度がSM490より低い鋼材、図-5.5(b)は鋼材SM490Yで整理したものである。近似直線を設計に用いるとすれば、降伏強度がSM490より低い鋼材で $Ra=5.0(\mu m)$ ですべり係数0.5を確保できると考えられる。SM490Yでは、 $Ra=12.0(\mu m)$ ですべり係数0.4を確保できると考えられる。安全側の評価をする場合、近似直線-2標準偏差の関係を用いるとすれば、降伏強度がSM490Yより低い鋼材では、 $Ra=11.0(\mu m)$ 以上ですべり係数0.5を確保できると考えられる。SM490Yでは、 $Ra=21.0(\mu m)$ 以上ですべり係数0.4を確保できると考えられる。

## 5. 3 赤錆面

### 5. 3. 1 すべり係数と下地処理の関係

本実験におけるすべり係数と曝露期間の関係を図-5.6と図-5.7に示す。グリットブ

ラスト処理，グラインダー処理ともに，赤錆を発生させるとすべり係数が高くなる傾向が認められる。ブラスト処理において錆発生後と発生前のすべり係数を比較すると，錆を発生させた試験体は発生前よりも海岸曝露の場合，曝露期間2ヶ月で平均0.29，曝露期間4ヶ月で平均0.33，曝露期間6ヶ月で平均0.27，内陸曝露の場合，曝露期間2ヶ月で平均0.22，曝露期間4ヶ月で平均0.26，曝露期間6ヶ月で平均0.25すべり係数が高くなっている。下地がグラインダー処理においては，海岸曝露の場合，曝露期間2ヶ月で平均0.47，曝露期間4ヶ月で平均0.49，曝露期間6ヶ月で平均0.44，内陸曝露の場合，曝露期間2ヶ月で平均0.45，曝露期間4ヶ月で平均0.49，曝露期間6ヶ月で平均0.43高くなっている。錆を発生させる前のすべり係数はグリットブラストで平均0.46，グラインダーで平均0.28と，約0.16の差がある。しかし，錆を発生させた場合の両者のすべり係数の差は，曝露期間2ヶ月で約0.04，曝露期間4ヶ月で約0.02，6ヶ月で約0.01と次第に差が小さくなる傾向が認められる。曝露期間と錆層の厚さおよび錆量の関係（図-4.7，図-4.8参照）からも，曝露期間が長くなるほど錆厚，錆量とも増加傾向にあることから，ある程度の錆厚が得られれば錆層ですべりが発生し，継手のすべり耐力は錆層のせん断強度で決定されるため，下地処理の違いによるすべり係数の差がなくなったものと考えられる。

### 5. 3. 2 すべり係数と曝露期間の関係

図-5.6 および図-5.7 に示すように，ブラスト処理において海岸曝露の場合，錆を発生させる前のすべり係数と曝露期間2ヶ月のすべり係数を比較すると平均0.29の増加，曝露期間2ヶ月と4ヶ月では平均0.03増加，曝露期間4ヶ月と6ヶ月では平均0.05減少している。内陸曝露の場合，錆を発生させる前のすべり係数と曝露期間2ヶ月のすべり係数を比較すると平均0.22の増加，曝露期間2ヶ月と4ヶ月では平均0.04増加，曝露期間4ヶ月と6ヶ月では平均0.01減少している。グラインダー処理の場合，海岸曝露で錆を発生させる前のすべり係数と曝露期間2ヶ月のすべり係数を比較すると平均0.47の増加，曝露期間2ヶ月と4ヶ月では平均0.02増加，曝露期間4ヶ月と6ヶ月では平均0.05減少している。内陸曝露の場合，錆を発生させる前のすべり係数と曝露期間2ヶ月のすべり係数を比較すると平均0.45の増加，曝露期間2ヶ月と4ヶ月では平均0.03増加，曝露期間四ヶ月と六ヶ月では平均0.05減少している。どの下地処理，曝露条件でも錆を発生させる前と曝露期間2ヶ月ではすべり係数は増加傾向，曝露期間2ヶ月～4ヶ月では若干の増加傾向，曝露期間4ヶ月～6ヶ月ではすべり係数が若干の減少傾向である。

次に，文献データも含めたすべり係数と曝露期間の関係を図-5.8 に示す。なお，文献データは，建築鉄骨を対象としたものであり，薬剤によって発生させた赤錆である。ブラスト処理，グラインダー処理ともに，曝露期間2ヶ月まではすべり係数にばらつきがあるものの，すべり係数は増加傾向にあり，曝露期間2ヶ月以上はすべり係数に大きな変動はない。このように，すべり係数がばらついたのは，曝露期間が短い場合，錆の発生量は天候に大きく依存するためだと考えられる。したがって，曝露期間2ヶ月以上では安定したすべり係数が得られるが，曝露期間が短い場合は，一定量の錆が発生していることを確認する必要があると思われる。

### 5. 3. 3 すべり係数と曝露環境の関係

図-5.6 に示すように、ブラスト処理の場合、海岸曝露と内陸曝露のすべり係数を比較すると、曝露期間 2 ヶ月では平均 0.07、曝露期間 4 ヶ月では平均 0.07、曝露期間 6 ヶ月では平均 0.03 と、それぞれ海岸曝露の方が内陸曝露の場合よりすべり係数が高くなっている。グラインダー処理の場合、曝露期間 2 ヶ月では海岸曝露のほうが平均 0.02 高く、曝露期間 4 ヶ月ではほぼ同じ値、曝露期間 6 ヶ月では海岸曝露が平均 0.01 高くなっている。このように、ブラスト処理、グラインダー処理ともに、海岸曝露のほうが内陸曝露より若干高いすべり係数が得られる傾向が認められる。しかし、有意な差とは言えない。

### 5. 3. 4 すべり係数と表面粗さの関係

赤錆接合面を有する継手のすべり係数と粗さの関係を図-5.9 に示す。図-5.9(a) は本実験で得られた結果、図-5.9(b) は文献データも含めた結果を示している。図-5.9(a) より、錆が発生した場合の鋼板表面の粗さは 8.0~20.0( $\mu\text{m}$ )程度となっているものの、すべり係数の値はばらつきが大きく、すべり係数と表面粗さの関係には相関は認められない。実験結果に文献データを加えた図-5.9(b)においても、すべり係数のばらつきが大きく、すべり係数と表面粗さの相関係数は 0.357 と低い値となっている。図中の最小二乗法により求めた表面粗さに対するすべり係数の近似直線もほぼ横ばいであるため、すべり係数と表面粗さには相関があるとは言えない。また、本実験で行なった海岸部 1 週間曝露の試験体(●)と 2 ヶ月以上曝露した試験体(■)を比較すると、海岸部 1 週間曝露の試験体と同等の表面粗さを有する 2 ヶ月以上曝露試験体の方がすべり係数が高くなっている。

### 5. 3. 5 すべり係数と錆層の厚さの関係

錆層の厚さとすべり係数の関係を図-5.10 に示す。下地ブラスト処理において、海岸曝露の場合、曝露期間 2 ヶ月から 4 ヶ月では、すべり係数 0.03 増加、錆層の厚さ 0.7 $\mu\text{m}$  増加、曝露期間 4 ヶ月から 6 ヶ月では、すべり係数 0.05 減少、錆層の厚さ 47.3 $\mu\text{m}$  増加している。内陸曝露の場合、曝露期間 2 ヶ月から 4 ヶ月では、すべり係数 0.04 増加、錆層の厚さ 16.7 $\mu\text{m}$  増加、曝露期間 4 ヶ月から 6 ヶ月では、すべり係数 0.01 減少、錆層の厚さ 22.3 $\mu\text{m}$  増加している。下地グラインダー処理において、海岸曝露の場合、曝露期間 2 ヶ月から 4 ヶ月では、すべり係数 0.02 増加、錆層の厚さ 18.0 $\mu\text{m}$  増加、曝露期間 4 ヶ月から 6 ヶ月では、すべり係数 0.05 減少、錆層の厚さ 28.7 $\mu\text{m}$  増加している。内陸曝露の場合、曝露期間 2 ヶ月から 4 ヶ月では、すべり係数 0.03 増加、錆層の厚さ 6.0 $\mu\text{m}$  増加、曝露期間四ヶ月から六ヶ月では、すべり係数 0.05 減少、錆層の厚さ 19.3 $\mu\text{m}$  増加している。下地処理、曝露環境に関わらず、曝露期間が長くなるにつれ錆層は厚くなり、すべり係数は 2 ヶ月~4 ヶ月では若干増加し、4 ヶ月~6 ヶ月では若干減少するような傾向が認められる。しかし、ここで得られた結果から、錆層の厚さはすべり係数に影響を与えないと判断するのが妥当と考える。

### 5. 3. 6 鋳の成分とすべり係数の関係

今回行なった EPMA 分析で鋳の成分として割合の高いのは鋳全体の 60~70%を占めている Fe 鉄である。次に割合が高いのが 4~6%を占めている O 酸素である。Na ナトリウム, Cl 塩素, S 硫黄は鋳全体に対して 1%未満であった。鋳全体の 5 元素以外の割合が 20~30%占めている。図-5.11 に示すように, Fe はどの曝露条件でも 2 ヶ月~4 ヶ月では 5%程度減少, 4 ヶ月~6 ヶ月では 10%程度増加している。5 元素以外の成分は 2 ヶ月~4 ヶ月では 10%程度増加, 四ヶ月~六ヶ月では 10%程度減少している。したがって, 鋳の成分は曝露期間により変化している。これに対してすべり係数はほとんど差がないが 2 ヶ月~4 ヶ月では増加, 4 ヶ月~6 ヶ月では減少の傾向が見られる。鋳の成分は曝露期間により変化しているが, すべり係数に大きな変化は見られなかった。

### 5. 3. 7 すべり耐力に影響を及ぼす因子とすべり係数の検討

赤鋳接合面を有する継手のすべり耐力は, 一定の鋳厚が得られるまでは鋳層の厚さに依存すると予想されるが, 十分に赤鋳を発生させた状態であれば, 鋳の発生条件(下地処理, 曝露環境, 曝露期間)によらず, 高いすべり係数が得られると考えられる。また, 曝露期間が長くなるほど鋳層の厚さが増加するため, 曝露期間によって大体の鋳発生状態を把握することが可能だと思われる。

次に, 設計で用いるための赤鋳接合面を有する継手のすべり係数を検討する。本実験で用いた試験体(第 4 章)のように十分に赤鋳を発生させた状態(鋳層の厚さ 35  $\mu\text{m}$  程度)であれば, 図-5.12 に示すように, 平均線を基準とした場合, すべり係数 0.72 を確保できると考えられる。平均-2 標準偏差の関係を用いるとすれば, すべり係数 0.65 を確保できると考えられる。

## 5. 4 塗装処理面

### 5. 4. 1 すべり係数と表面粗さの関係

本実験における, 摩擦面に塗装処理(無機ジンクリッチペイント, 高摩擦有機ジンクリッチ)を施した継手のすべり係数と粗さの関係を図-5.13 に示す。無機ジンクの場合, どの試験体も同程度の表面粗さを有するものの, すべり係数には大きなばらつきがある。高摩擦有機ジンクの場合も同様の傾向が認められ, 無機ジンクよりも表面粗さが若干高くなっている。したがって, 塗装処理を施した継手のすべり係数は表面粗さに依存しないと考えられる。

### 5. 4. 2 すべり係数と塗膜厚の関係

図-5.14 に本実験におけるすべり係数と母板と添接板の合計膜厚の関係を示す。無機ジンクの場合, 塗膜厚の違いに応じてすべり係数の値も変化しており, 同程度の膜厚ならば, すべり係数にばらつきは少なくほぼ同程度の値が得られている。すべり係数の値は薄膜で平均 0.41, 標準膜厚で平均 0.60, 厚膜で 0.53 となっており, ある程

度の膜厚までは、膜厚が大きくなるとすべり係数が増加し、一定の膜厚を超えると減少に転じる傾向が認められる。この原因として、薄膜ではすべりが塗膜と母板の界面で起こるためすべり係数が低くなり、標準の場合は、完全に塗膜間ですべりが発生するためすべり耐力が高くなったためと考えられる。しかし、厚膜になると塗膜間ですべりが発生するものの、塗膜に割れが生じる易くなることから標準膜厚の場合よりもすべり耐力が低下したと思われる。高摩擦有機ジンクの場合、厚膜の試験はしていないが、無機ジンクと同様の傾向が認められ、標準膜厚までは膜厚が大きくなるにしたがってすべり係数が増加した。しかしながら、標準膜厚の場合のすべり係数は平均0.50と無機ジンクリッチペイントよりも低い値となっている。

図-5.15 に無機ジンクリッチペイントを施した継手のすべり係数と膜厚の関係を文献データも含めて示す。実験結果のみの場合、同程度の膜厚ならばすべり係数のばらつきが小さかったものの、文献データも含めると非常にばらつきが大きくなっている。これは、実験において無機ジンクと高摩擦有機ジンクですべり係数に差が生じたように、同じ無機ジンクリッチペイントでも、塗料に含まれる成分の違いによってすべり係数が増加するためだと考えられる。

なお、高摩擦有機ジンクリッチペイントを施した継手のすべり耐力に関する文献は、非常に数が少なく、膜厚を一定とした場合の結果しか収集できなかったため、実験と文献データの比較は行なわないこととした。

#### 5. 4. 3 すべり係数と塗膜成分（無機ジンクリッチペイント）の関係

無機ジンクリッチペイントは、アルキルシリケートやアルカリシリケートをビヒクルとした1液1粉末形態をしており、その大部分が金属亜鉛末となっている。したがって、すべり耐力に影響を及ぼす因子として、亜鉛末の含有量や粒径が重要なパラメータになると予想される。

図-5.16 にすべり係数と膜厚の関係を乾燥塗膜中の亜鉛含有量ごとにまとめたものを示す。実験に用いた無機ジンクリッチペイントは乾燥塗膜中の亜鉛含有量が比較した中では最も多く85%であり、合計膜厚が標準の150 $\mu\text{m}$ 程度の場合と厚膜の250 $\mu\text{m}$ 程度の場合には文献データよりも高いすべり係数となっている。その他のデータも亜鉛含有量が多いものほど、すべり係数が比較的高い値となっている。合計膜厚が薄膜の75 $\mu\text{m}$ 程度の場合、亜鉛含有量が多いものでも、少ないものと比べてすべり係数が低くなっているのは、締め付けによる接触圧で下地部分が露出し、界面ですべりが発生すると考えられるため、すべり耐力に対する塗膜の影響が少なくなったものと思われる。

図-5.17 は合計膜厚を一定として、すべり係数と乾燥塗膜中の亜鉛含有量の関係を示したものである。図中の直線は最小二乗法により求めた、乾燥塗膜中の亜鉛含有量に対するすべり係数の近似直線である。近似直線によると亜鉛含有量が増加すれば、すべり係数も大きくなる傾向が認められる。しかしながら、合計膜厚75 $\mu\text{m}$ と250 $\mu\text{m}$ の場合、相関係数はそれぞれ0.302および0.360と相関係数が非常に低く、すべり係数と乾燥中亜鉛含有量に相関があるとはいえない。これは、先述したように薄膜の場合は界面ですべりが発生するために塗膜の影響が少ないためと考えられる。また、

厚膜の場合は塗膜割れが発生しやすくなるため、割れの有無がすべり耐力に影響するためすべり係数の値がばらつくと考えられる。一方、すべりが塗膜間で発生し、塗膜割れの影響も少ないと考えられる標準膜厚(150 $\mu$ m)の場合は、すべり係数と乾燥塗膜中の亜鉛含有量の相関係数が0.739となっており、すべり係数と亜鉛含有量に相関が認められる。以上のことから、界面および塗膜割れの影響がない膜厚範囲では、すべり係数は乾燥塗膜中の亜鉛含有量に依存すると考えられる。また、亜鉛末の平均径は3.8~16.0 $\mu$ mのもので比較を行なっているが、亜鉛末が小さいからといって、近似直線かよりも低い値になるとは限らないため、すべり係数にはそれほど大きな影響はと思われるが、藤原ら<sup>38)</sup>は亜鉛末50%平均粒径が10 $\mu$ m程度の大きさを有することが望ましいとしている。

#### 5. 4. 4 すべり耐力に影響を及ぼす因子とすべり係数の検討

塗装を施した継手のすべり耐力は、塗装の膜厚に依存すると考えられる。これは、薄膜の場合は界面ですべりが発生すると考えられるためすべり係数が低くなり、厚膜の場合は塗膜割れが発生しやすくなるため、割れの有無がすべり係数の低下につながるためと考えられる。無機ジンクリッチペイントは、界面の露出および塗膜割れの影響がない最適の膜厚であれば、塗膜の強度に応じたすべり係数が得られると考えられ、この場合、すべり係数は乾燥塗膜中の亜鉛含有量に依存すると考えられる。

次に、設計で用いるための塗装処理面のすべり係数を検討する。図-5.17(b)の平均-2標準偏差の関係を設計に用いるとすれば、無機ジンクリッチペイントでは界面と塗膜割れの影響がないと思われる母板と添接板の合計膜厚が150 $\mu$ m程度の場合、乾燥塗膜中の亜鉛含有量が83%以上ですべり係数0.4を確保できると考えられる。

高摩擦有機ジンクリッチペイントの場合、文献データとの比較は行なっていないが、実験結果より判断すれば、合計膜厚130 $\mu$ m程度以上ですべり係数0.4を確保できると考えられる。また、接合面に高摩擦有機ジンクリッチペイントと無機ジンクリッチペイントを組み合わせた場合、すべり係数は強度の弱い方の塗料に依存すると考えられるため、高摩擦有機と同等のすべり係数を設定するのが妥当だと考えられる。

#### 5. 5 鋼板表面処理状態の違いによるすべり係数の提案

以上の検討結果をもとに、提案する各表面処理の違いによるすべり係数を表-5.1に示す。赤錆面では、自然錆と薬剤による錆に分けてすべり係数を変化させている。粗面状態では、グラインダー処理ではすべり係数を低く設定している。また、ブラスト処理では表面粗さにより、無機ジンクリッチペイントでは膜厚によりすべり係数を変化させている。なお、有機ジンクリッチペイントやその他の表面処理状態では、すべり係数を提案できる十分なデータでないと判断し、継手性能を確認してからすべり係数を設定することとした。なお、本提案は、土木学会鋼構造委員会「高力ボルト摩擦設計法委員会」と共同で検討したすべり係数である。

表-5.1 すべり係数の提案

接合面の処理	すべり係数( $\mu$ )	備 考
赤錆状態	0.55	粗面仕上げの後健全な赤錆を発生させたもの。
薬剤処理による発錆	0.45	錆は健全な錆とする。
粗面状態	0.25	ディスクグラインダーにより粗面とし、錆のないもの。
粗面状態	0.35 (表面粗さの指定なし) 0.40 ( $Ra \geq 4\mu m$ ) 0.45 (すべり試験を実施)	ショットブラストなどにより粗面状態とし、錆のないもの。 表面粗さによって決定する。
無機ジンクリッチ塗装	0.40 (塗膜厚 $\leq 65\mu m$ ) 0.50 (塗膜厚 $> 65\mu m$ )	塗料中の乾燥亜鉛含有量は80%以上を原則とする。
有機ジンクリッチ塗装	個別に継手の性能を確認して決定する。	
熔融亜鉛めっき		
金属溶射		
機械的な粗面加工		

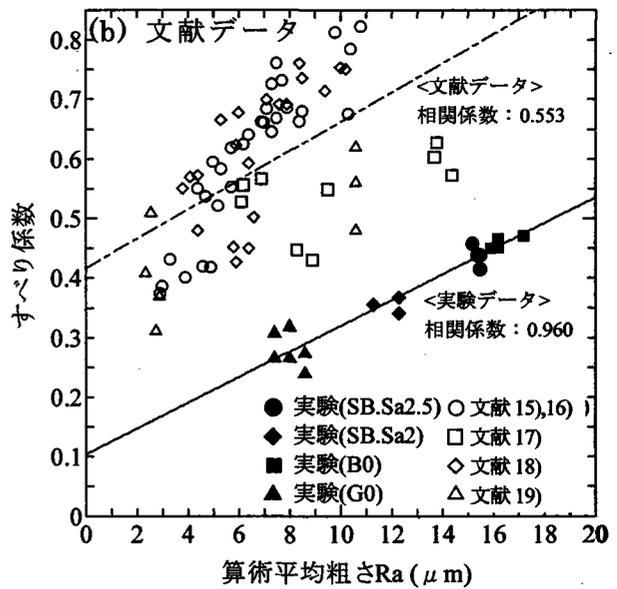
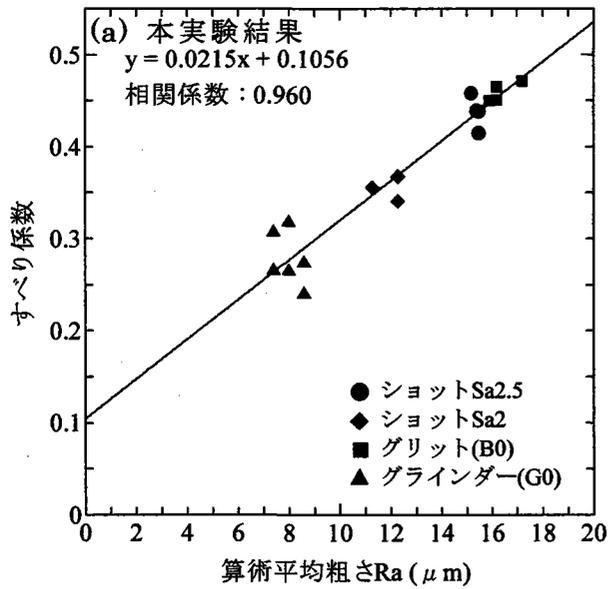


図-5.1 すべり係数 - 算術平均粗さ Ra 関係

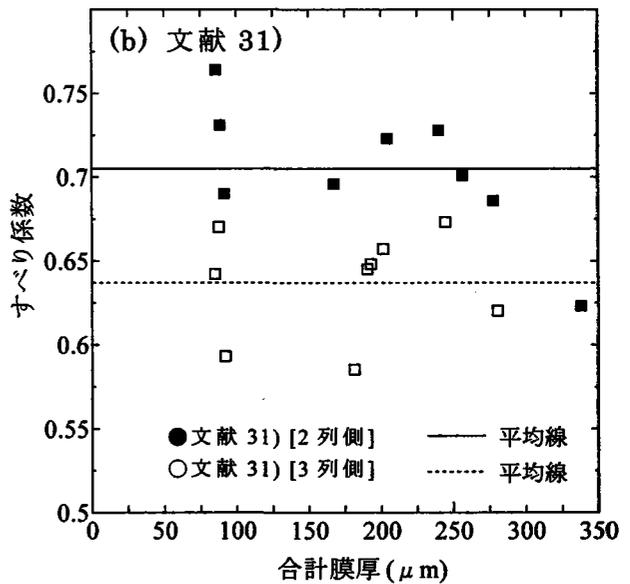
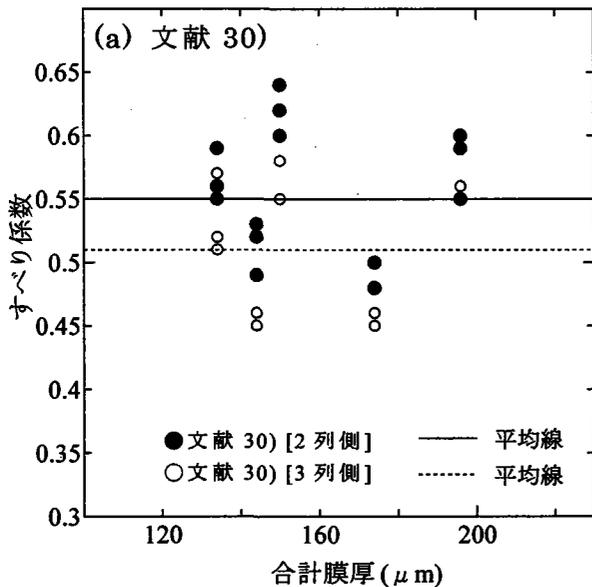
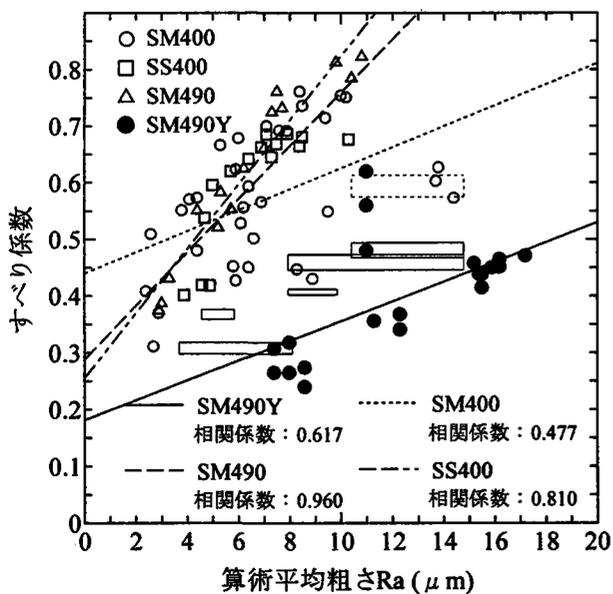


図-5.2 2列ボルト継手と3列ボルト継手のすべり係数比較



□ は SM490Y における粗さの推定範囲およびすべり係数の下限値～上限値

- - - は SM570 における粗さの推定範囲およびすべり係数の下限値～上限値

図-5.3 すべり係数 - 算術平均粗さ Ra 関係 [鋼材別] (その1)

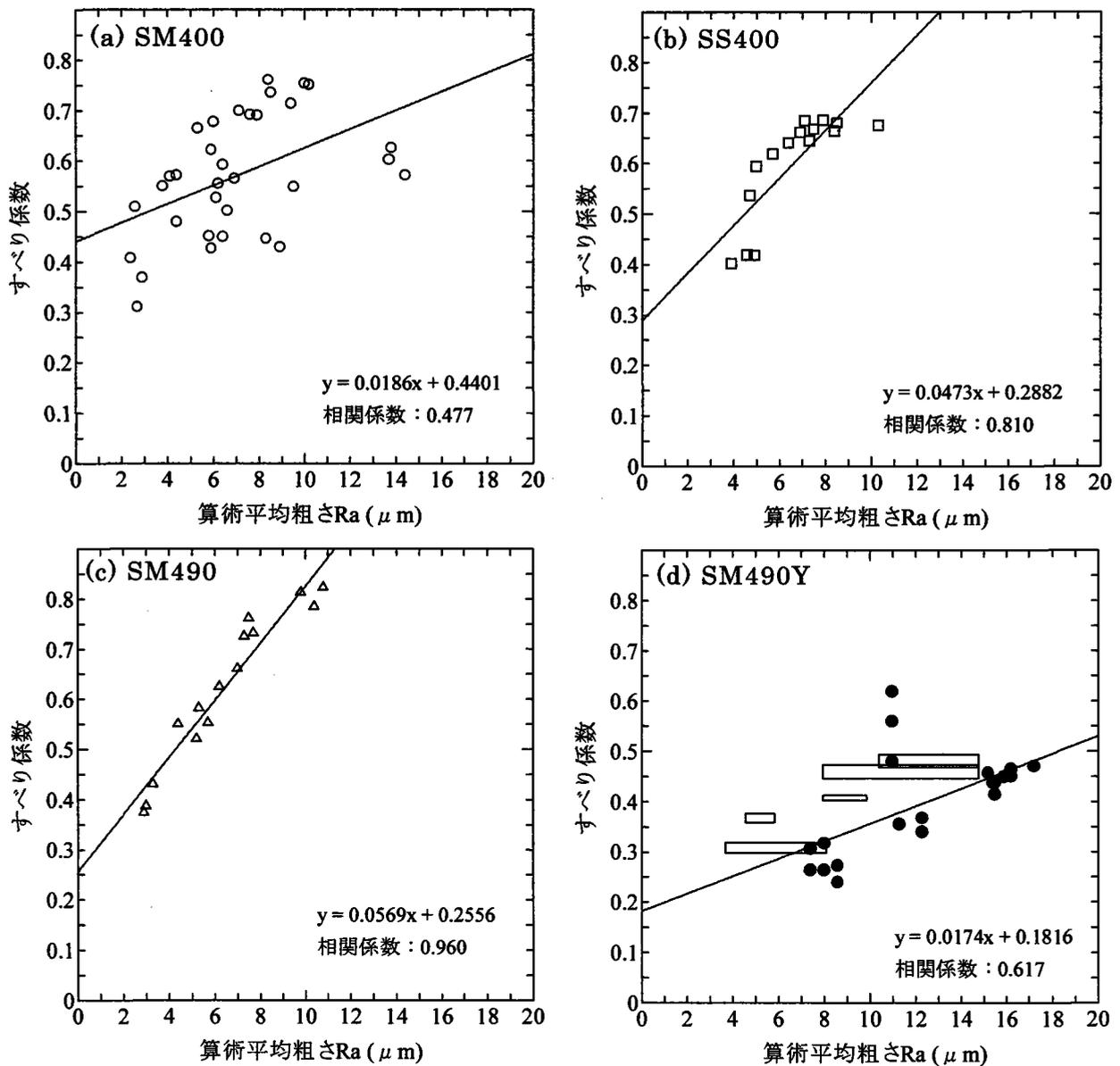


図-5.4 すべり係数 - 算術平均粗さ Ra 関係 [鋼材別] (その 2)

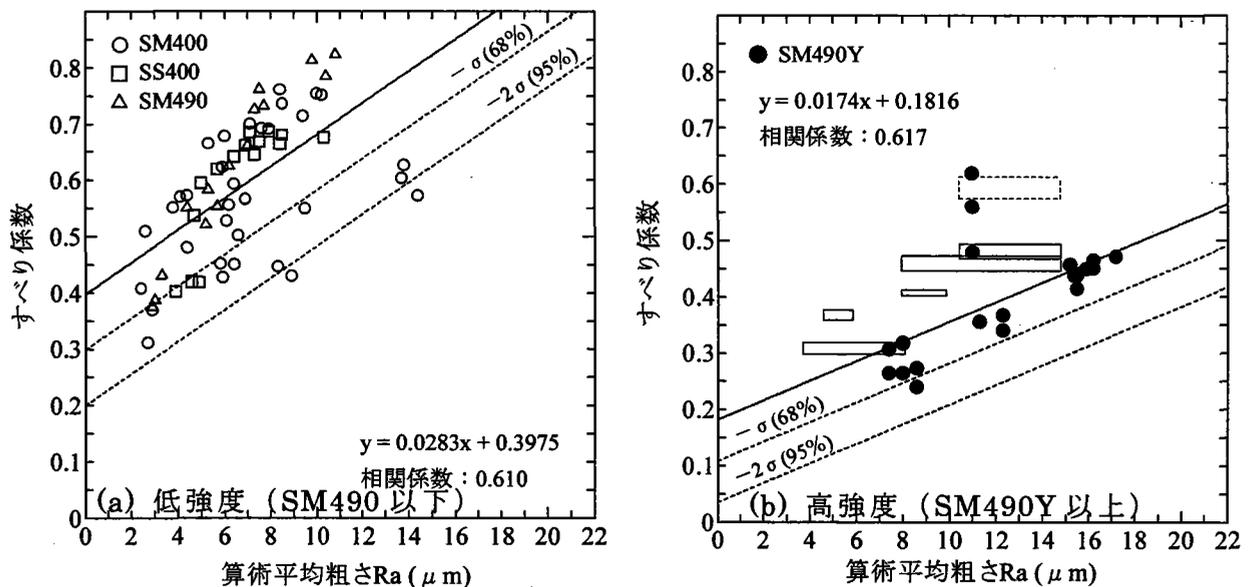


図-5.5 すべり係数の検討 [無塗装処理]

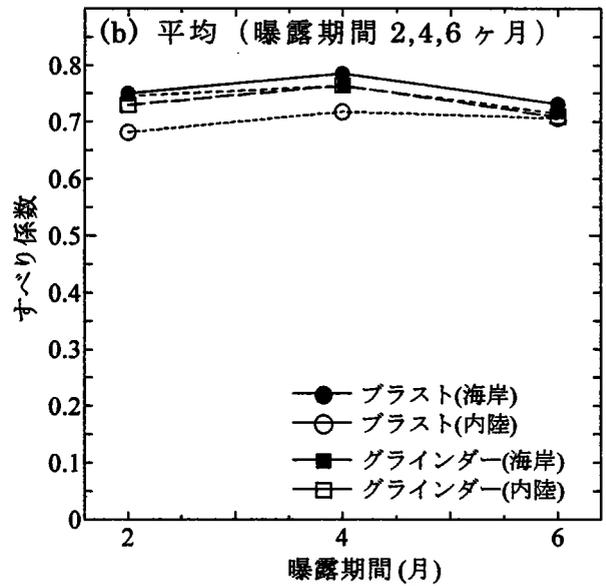
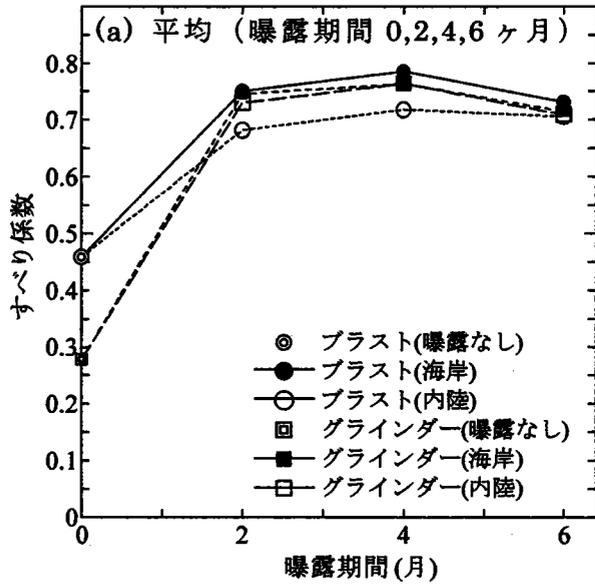


図-5.6 すべり係数 - 曝露期間関係 I (赤錆実験結果)

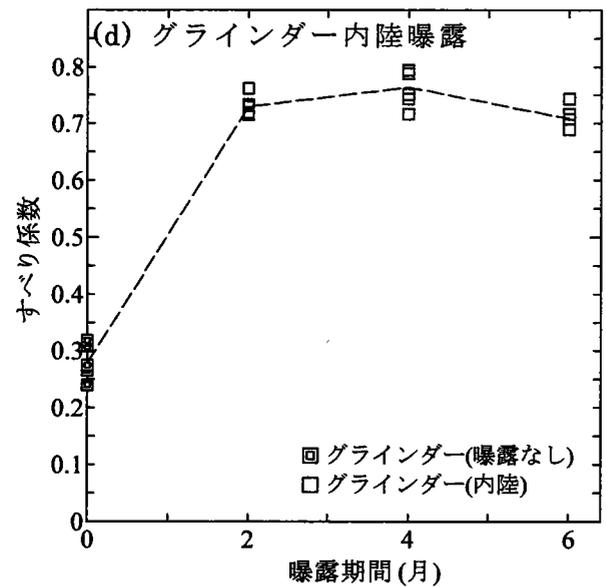
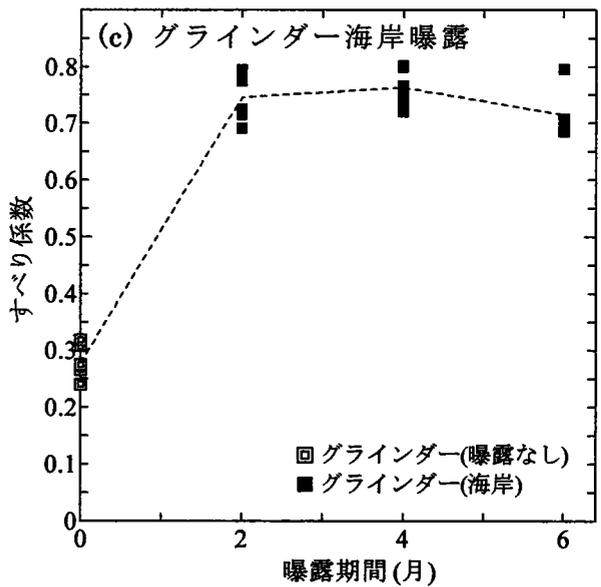
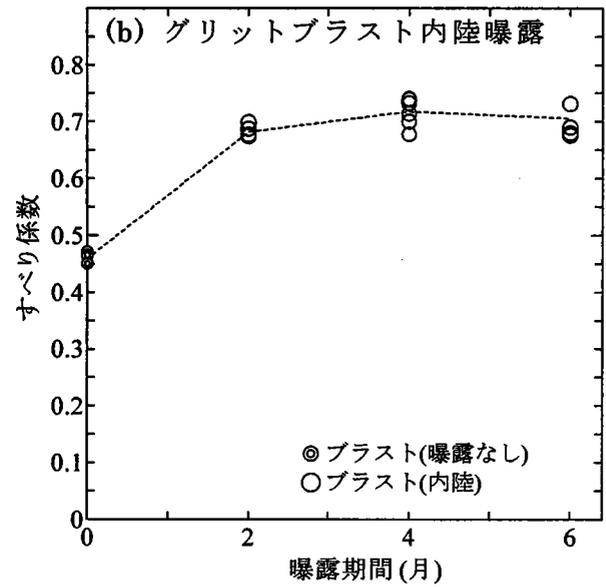
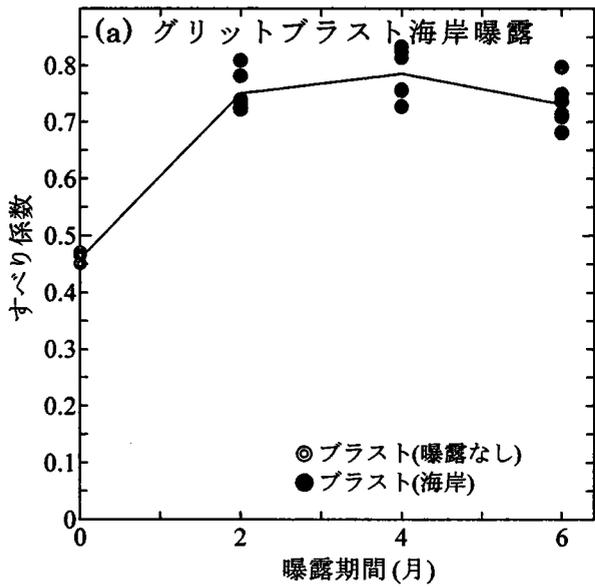


図-5.7 すべり係数 - 曝露期間関係 II (赤錆実験結果)

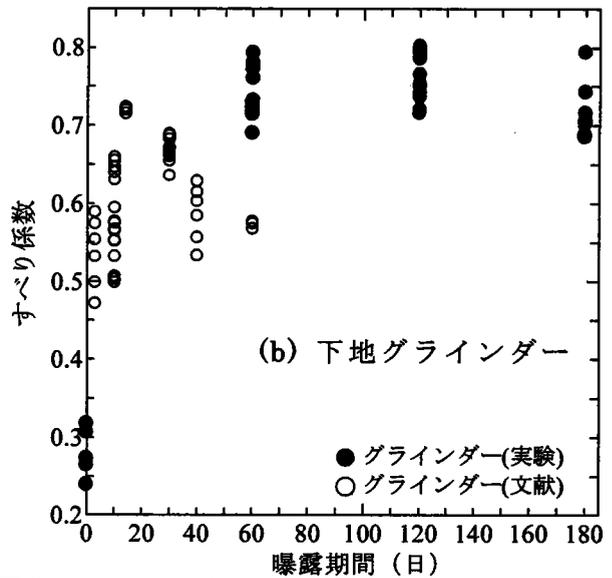
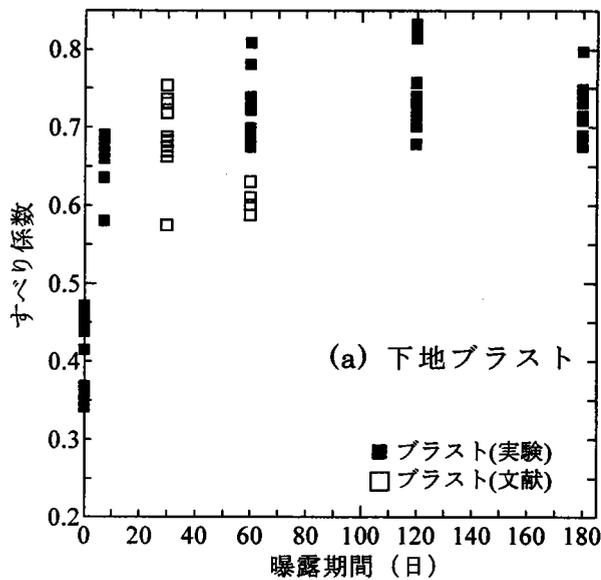


図-5.8 すべり係数 - 曝露期間関係Ⅲ (文献データ)

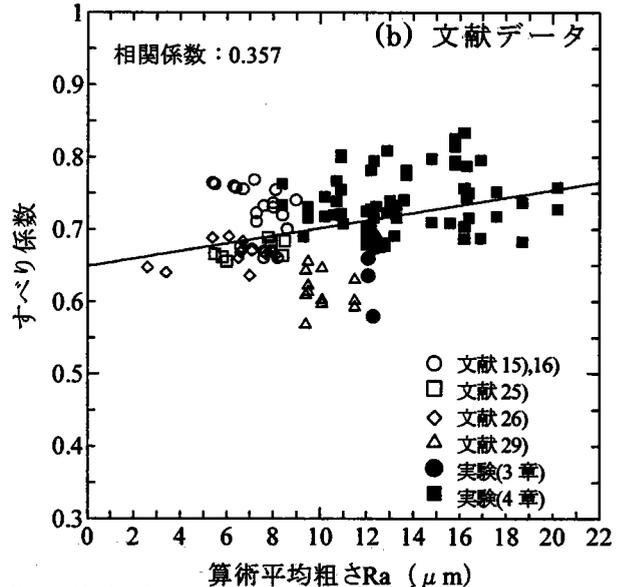
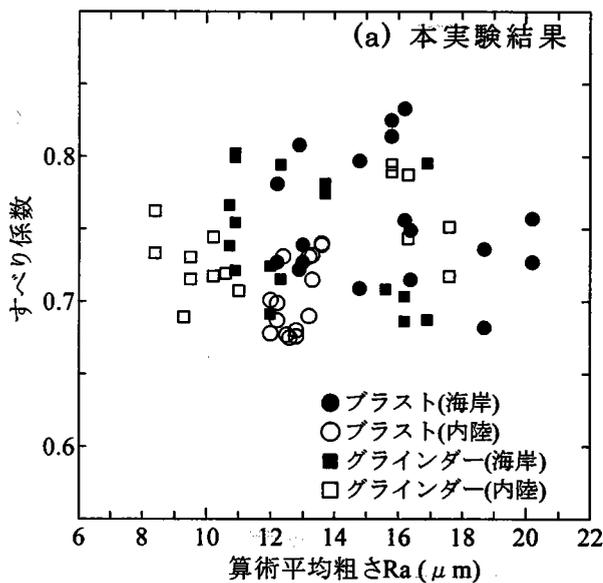


図-5.9 すべり係数 - 算術平均粗さ Ra 関係 (赤錆面)

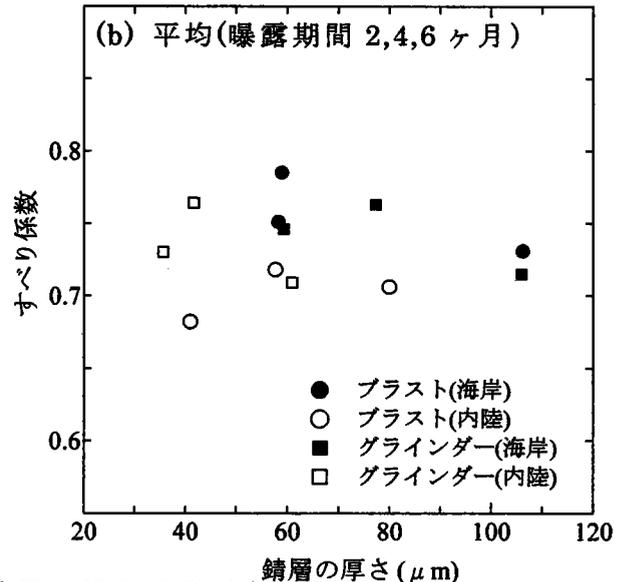
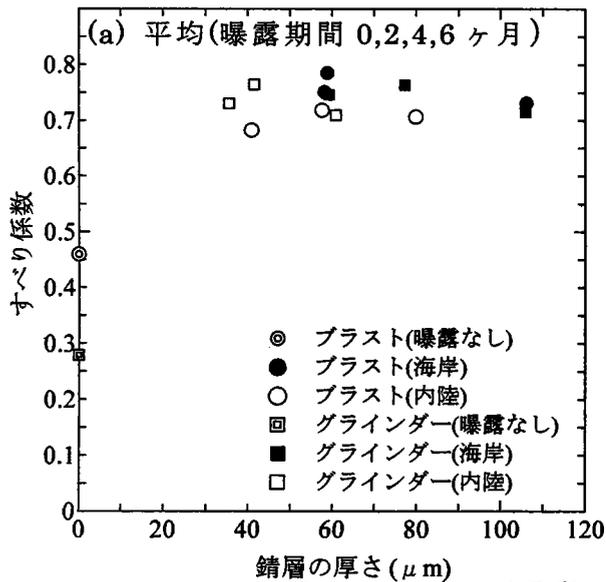


図-5.10 すべり係数 - 錆層の厚さ関係 (赤錆面)

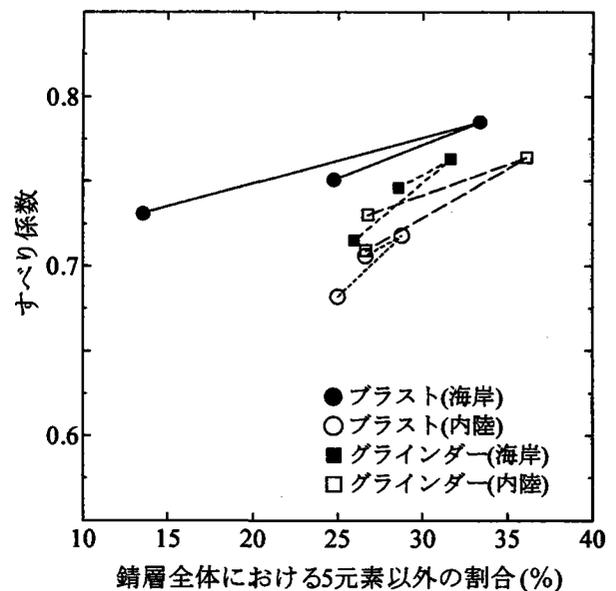
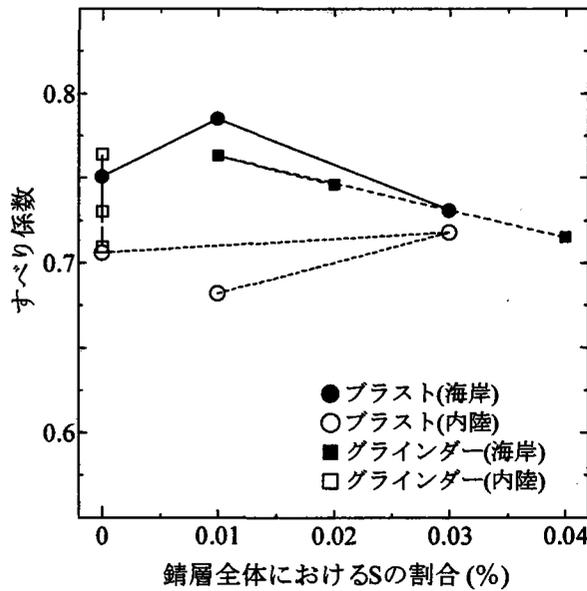
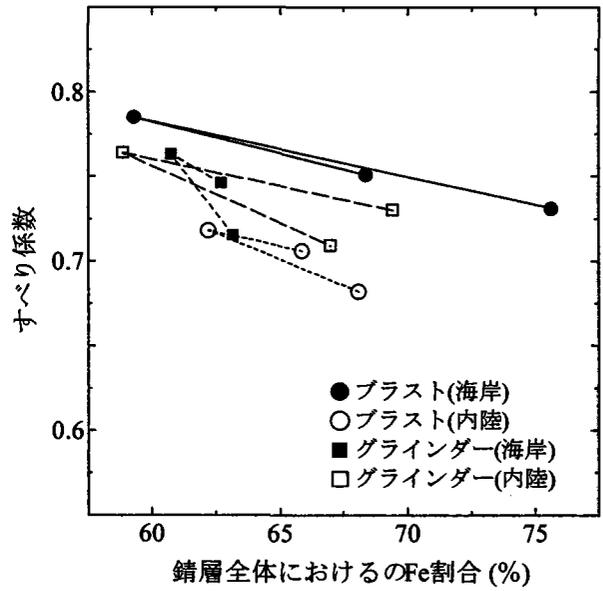
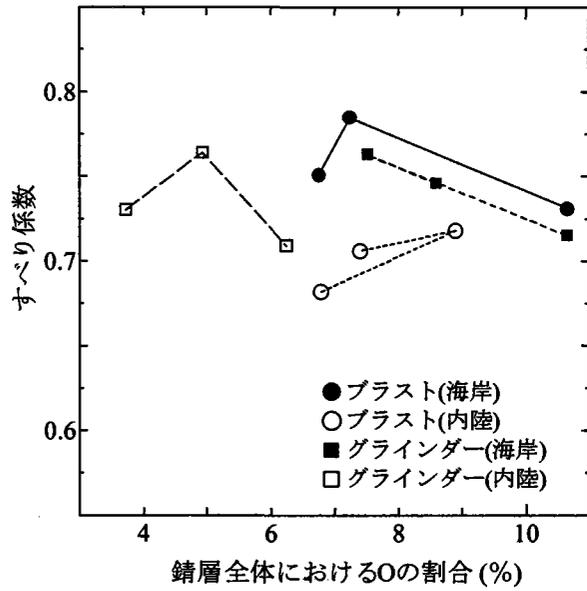
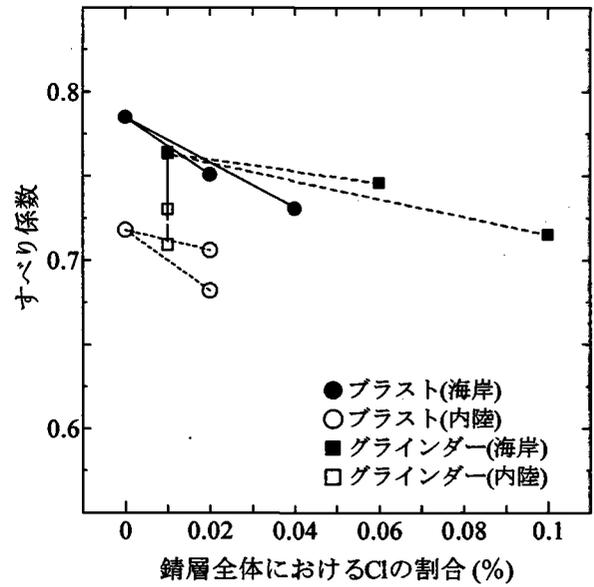
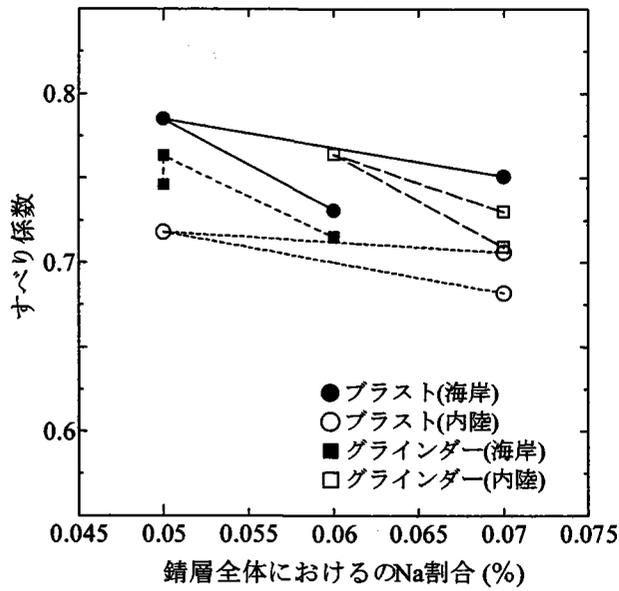


図-5.11 すべり係数 - 鎳の成分 (Na, Cl, O, Fe, S, 5 元素以外) 関係

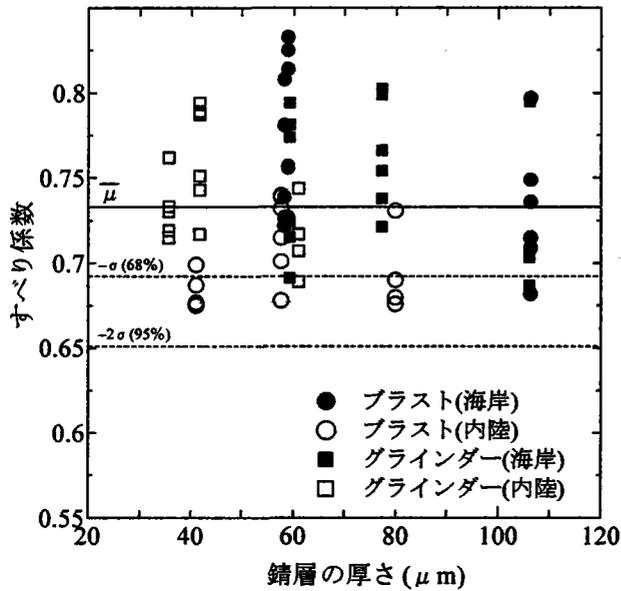


図-5.12 すべり係数 - 錆層の厚さ関係

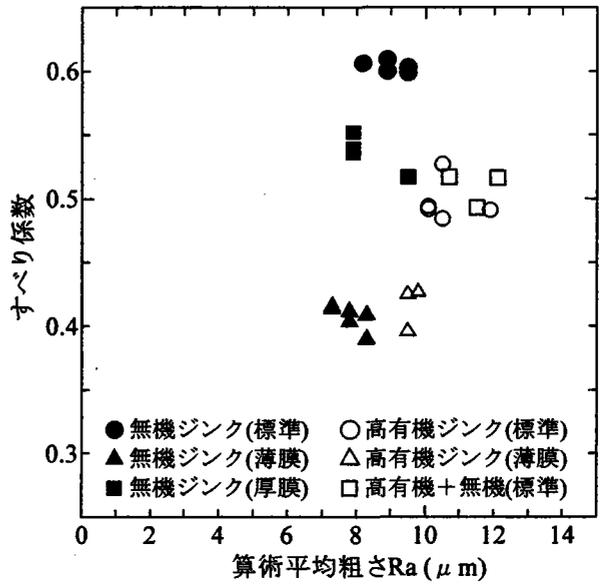


図-5.13 すべり係数 - 算術平均粗さ関係

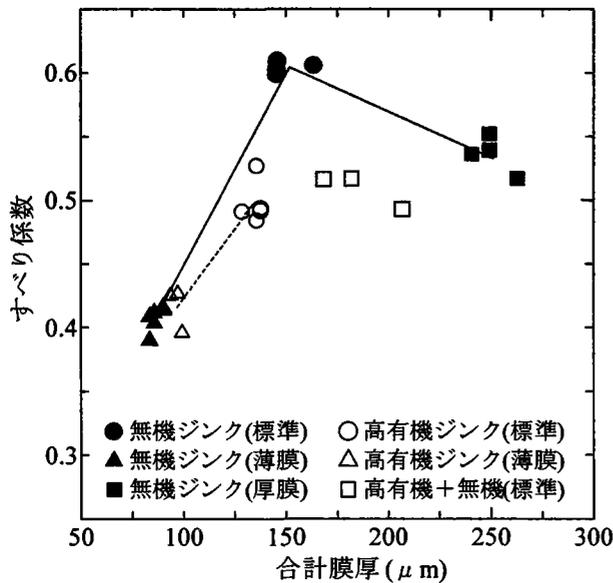


図-5.14 すべり係数 - 膜厚関係 I (実験)

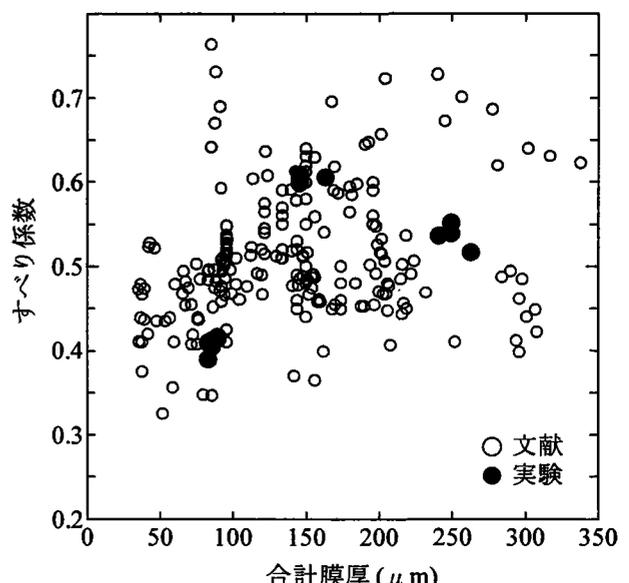


図-5.15 すべり係数 - 膜厚関係 II (文献)

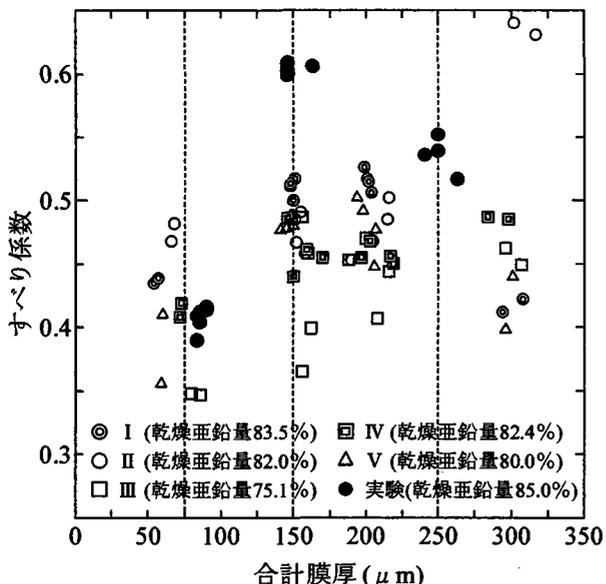
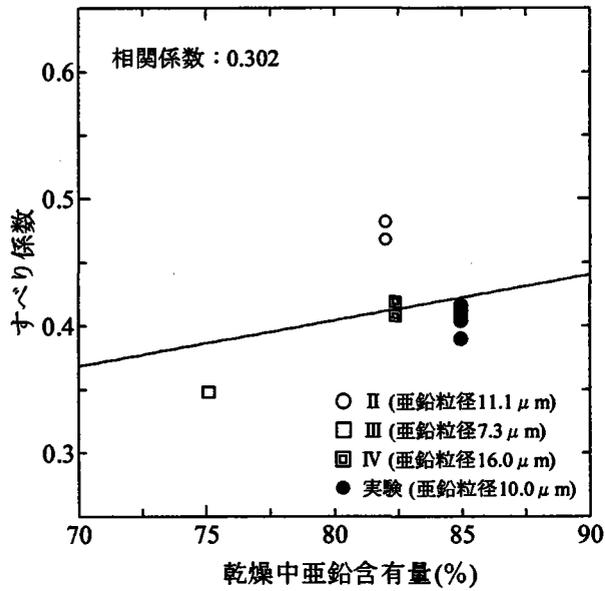
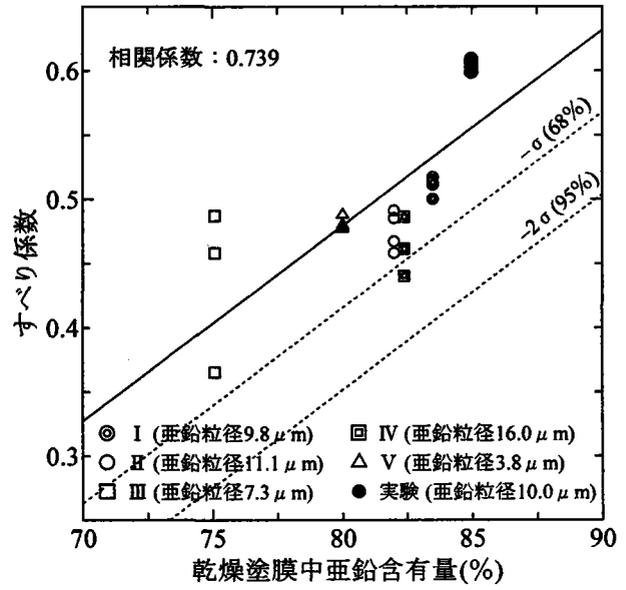


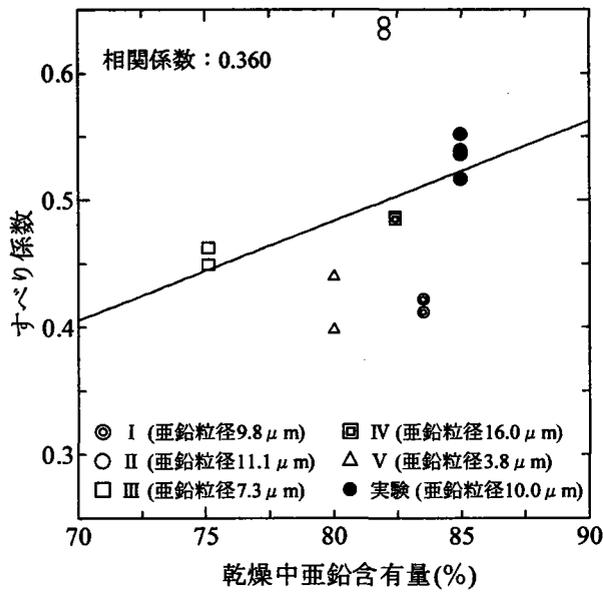
図-5.16 すべり係数 - 膜厚関係 III (文献 37, 38)



(a) 合計膜厚 75μm



(b) 合計膜厚 150μm



(c) 合計膜厚 250μm 以上

図-5.17 すべり係数-乾燥中亜鉛含有量関係 (文献 37, 38)