

## 複合型制振鋼板の接着耐久性 技術報告

篠崎 正利\*・松本 義裕\*・角山 浩三\*<sup>2</sup>・津川 俊一\*

## Adhesion Durability in Composite-type Vibration-damping Steel Sheets

Masatoshi SHINOZAKI, Yoshihiro MATSUMOTO, Kozo TSUNOYAMA and Shunichi TSUGAWA

## Synopsis:

In composite-type vibration-damping steel sheets, surface pre-treatment for the skin steel sheets has been examined and discussed for cold-rolled steel sheets, chromate-treated steel sheets, and electro-galvanized steel sheets (EG). The evaluation was based on the bond interface durability produced during salt spray testing up to 1 000 h. Chromate treatment was confirmed to be the best surface pre-treatment for skin sheets, because it improves the primary (pre salt-spray-test) adhesion strength and prevents decreased secondary (post salt-spray) adhesion strength. EG has no ability to suppress the decrement of secondary adhesion strength, because Zn dissolves in water and edge-creep goes on. The failure mode in T-peel test changes from cohesive to interface failure with decreasing secondary adhesion strength and with the occurrence of edge-creep.

## 1. 緒 言

高度成長した国内経済の歪みの一つとして、環境問題とくに騒音問題が発生した。我が国の鉄鋼業界はこの対策として「騒音防止と鋼材」と題する小冊子を発行し、10年も前から当分野の関心を高める活動を行っていた<sup>1)</sup>。現今では騒音あるいは騒音制御の問題は世界的高まりを見せ、単独の国際シンポジウムが開催されたり<sup>2)</sup>、セッションが設けられるようになっていく。また現在では、騒音や振動の防止に役立つ複合型制振鋼板を鉄鋼各社が開発し、複合型制振鋼板（以後単に制振鋼板と呼ぶ）のレビューが報告されるまでになった<sup>3)</sup>。そしてその利用範囲も広がりを見せ、それに伴って貼り合わせるべき鋼板の種類も、従来の冷延鋼板や熱延鋼板から、使用環境に応じて、表面処理鋼板やステンレス鋼板にまで及びつつある<sup>4)</sup>。

使用環境が屋外である場合、もつとも重要な性質は耐食性であるが、制振鋼板の耐食性あるいは、腐食環境下の耐久性について報告されたものはほとんどない。屋外使用の代表例として自動車をとってみると、問題は車内騒音と車外騒音の二つに大別できる<sup>5)</sup>。車外騒音の中心はエンジンとオイルパンであり<sup>6)</sup>、法的規制の効果もあつて、オイルパンへの制振鋼板の適用が試みられ、トラックなど一部ではすでに実用化が進んでいる。車内騒

音の原因はエンジン、路面あるいはトランスミッションであり<sup>6)</sup>、この対策として制振鋼板を採用しようとするならば、他のホワイトボディー用鋼板と同等以上の耐久性を必要とする。これについては制振鋼板の切断端面にのみその弱点があり、その点を“開口さえなければ心配はない”<sup>8)</sup>、あるいは“端末の処理が必要”<sup>7)</sup>などと、抽象的な指摘に留まり、具体的な対策を示した報告はない。

制振鋼板のこの欠点は、言い換えるならば界面の問題であるということとはなぜか指摘されていない。制振鋼板は制振性を発揮させるため鋼板と樹脂とを積層したものであり、その界面が切断端面にも当然のことながら存在するのである。したがって貼り合わせた界面の耐久性が改善されれば、制振鋼板における端面の問題は解決されたと同じことになる。

著者らはこのような考え方をもち、軽量鋼板（ラミネート鋼板ともいう）においてクロメート処理によるスキン鋼板の下地処理の最適化を検討した<sup>8)</sup>。種々のクロメート処理を比較材としてのりん酸亜鉛処理とともに検討してえられた結論は次のとおりである。すなわち、(1) 軽量鋼板に耐久性を付与するためには、スキン鋼板に下地処理を施す必要がある、(2) その下地処理としてはクロメート処理が最適である、(3) Cr 付着量が 40 mg/m<sup>2</sup> のとき接着力が最大になり、耐食性にも優れる、などである。

昭和 60 年 12 月 5 日受付 (Received Dec. 5, 1985)

\* 川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 (Iron &amp; Steel Research Laboratories, Kawasaki Steel Corp., 1 Kawasaki-cho Chiba 260)

\*<sup>2</sup> 川崎製鉄(株)鉄鋼研究所 工博 (Iron & Steel Research Laboratories, Kawasaki Steel Corp.)

また一方では、耐食性の観点から制振鋼板のスキン鋼板に表面処理鋼板を使用したいというニーズがある。この要求に応えるのに、スキン鋼板として単にたとえば Zn めつき鋼板を使用すればよいかどうかは一考を要するところである。

以上のことを念頭に置き、制振鋼板の接着耐久性に及ぼすクロメート処理と Zn めつきの影響を、塩水噴霧試験によつて調べた結果、芯材樹脂と接するスキン鋼板の表面には Zn など犠牲防食する元素や成分のないほうが好ましく、鋼板に直接に塗布型クロメート処理あるいは電解クロメート処理することが、界面の接着耐久性をもつとも向上させることを見出したので報告する。

## 2. 供試材と実験方法

### 2.1 供試材

実験に供した4種の鋼板を Table 1 に示す。超深絞り用冷却鋼板 (EDDQ) には、Table 2 に示す条件でクロメート処理を実施した。クロメートの種類は片面処理に有利な塗布型とした<sup>8)</sup>。クロメート処理剤は溶解比  $\text{Cr}^{3+} : \text{Cr}^{6+}$  が 0.65 のものを用いた。Cr の付着量は  $20 \text{ mg/m}^2$ ,  $50 \text{ mg/m}^2$ , および  $85 \text{ mg/m}^2$  の3水準とした。塗布型クロメート処理の比較材として、電解クロメート処理鋼板 (以後 TFS と記す) を使用した。このときの Cr 付着量は  $100 \text{ mg/m}^2$  であった。

このほかに反応型クロメート処理を施した電気 Zn めつき鋼板 (EG) をスキン鋼板として3種使用した (Table 1)。Zn 目付量は  $20 \text{ g/m}^2$  と  $40 \text{ g/m}^2$  の2水準とし、前者は反応型クロメート処理 (以下 C 処理と呼び、EG+C と記す) の影響を調べるため、無処理材もあわせて使用した。

用いた芯材フィルムはブチラール樹脂 (PVB) にグラファイトを配合したものであり<sup>9)10)</sup>、Table 3 に示す

Table 1. Types of skin steel sheets used.

| Steel | Thickness | Note                                         |
|-------|-----------|----------------------------------------------|
| EDDQ  | 0.6 mm    | Extra deep drawing quality steel             |
| TFS   | 0.5       | Tin free steel                               |
| EG+C  | 0.6       | Zn: 40/0, 20/20 $\text{g/m}^2$ As C-treated* |
| EG    | 0.8       | Zn: 20/20 $\text{g/m}^2$ As plated           |

\* Reaction-sensitive chromate treatment

Table 2. Conditions of one-side chromate treatment for EDDQ sheets.

| Degreasing                      | Solubility ratio                         | Drying        | C. W.*                                                         |
|---------------------------------|------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|
| Chemically and electrolytically | $\text{Cr}^{3+} : \text{Cr}^{6+} = 0.65$ | 60°C for 1min | 20 $\text{mg/m}^2$<br>50 $\text{mg/m}^2$<br>85 $\text{mg/m}^2$ |

\* Coating weight of Cr

Table 3. Core resin films used\*.

| Grade | Thickness | Note ( $T_g$ **)                       |
|-------|-----------|----------------------------------------|
| R     | 0.1 mm    | For room temperature use (30°C)        |
| M     | 0.1 mm    | For middle high temperature use (80°C) |

\* PVB films contain granular graphite

\*\*  $T_g$ : Glass transition temperature

Table 4. Composite-type vibration-damping steel sheets tested.

| Symbol | Skin steel | Note                                    |
|--------|------------|-----------------------------------------|
| A      | CR         | Cold-rolled EDDQ mild steel             |
| B      | Chromated  | EDDQ+Chromate (Cr: 20 $\text{mg/m}^2$ ) |
| C      | Chromated  | EDDQ+Chromate (Cr: 50 $\text{mg/m}^2$ ) |
| D      | Chromated  | EDDQ+Chromate (Cr: 85 $\text{mg/m}^2$ ) |
| E      | TFS        | (Cr: 100 $\text{mg/m}^2$ )              |
| F      | EG         | Zn: 20/20 $\text{g/m}^2$                |
| G      | EG+C       | Zn: 20/20 $\text{g/m}^2$                |
| H      | EG+C       | Zn: 40/0 $\text{g/m}^2$                 |

ように、常温用樹脂 (R) と中温用樹脂 (M) の2種類である。Rはガラス転移温度  $T_g$  が約 30°C, Mは  $T_g$  が約 80°C のものであり、フィルム厚はいずれも約 0.1 mm である。

スキン鋼板と樹脂フィルムの貼り合わせはホットプレス機で行った。貼り合わせ温度は樹脂Rが 160°C, 樹脂Mが 200°C とした。加圧時間は 5 min とし、除荷したのちは冷却盤を用いて室温まで冷却した。

以上の作業により結局、Table 4 に示すように、鋼板が8種類と芯材樹脂が2種類、合計 16 種類の制振鋼板を準備した。なお冷延鋼板を使用した樹脂RとMの2種の制振鋼板の制振性能は Fig. 1 に示すとおりであり、損失係数  $\eta$  の最大値はいずれも 0.5 であった。損失係数の測定は機械インピーダンス法<sup>11)</sup> で実施し、Fig. 2

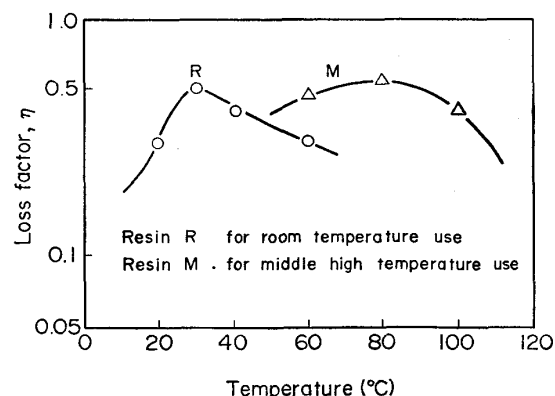


Fig. 1. Loss factor of vibration-damping steel sheets used.

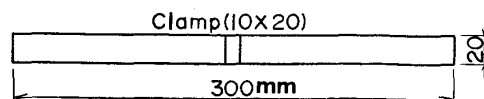


Fig. 2. Test piece for measurement of loss factor.

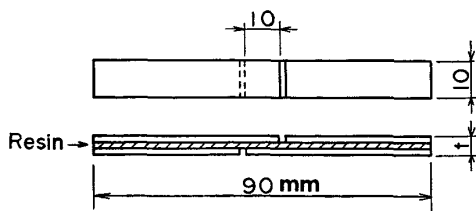


Fig. 3. Test piece for tensile shear test of sheet.

に示すサイズの試験片を用いた。

## 2.2 試験方法

耐久性試験としては、貼り合わせ界面の接着が主として湿気や水に影響されることから<sup>12)</sup>、塩水噴霧試験 SST を採用し、JIS Z 2371 に則って実施した。ただし試験片の寸法は後述する引張剪断強度試験方法に基づき、 $t \times 25 \times 100$  mm ( $t$  は板厚) とし、エッジシールは行わなかった。

接着力の測定方法としては、供試材の板厚の差による影響の出にくい引張剪断試験 (JIS K 6850) を採用し、Fig. 3 に示すように試験片加工を行って引張剪断強度 (以後 TSS と呼ぶ) を測定した。また、T 字剝離試験を実施し、破壊モードの観察と端面からの腐食の進行状況の観察を行った。

## 3. 実験結果

まず樹脂 R の場合について述べる。

制振鋼板の引張剪断強度 TSS におよぼす EG の影響を Fig. 4 に示す。貼り合わせ直後の TSS (これを 1 次接着強度と呼ぶことにする) は、スキン鋼板が冷延鋼板の場合 (CR) 45 kgf/cm<sup>2</sup> であつたが、反応型クロメート処理済電気 Zn めつき鋼板 (EG+C) では 50~55 kgf/cm<sup>2</sup> と高く、C 処理していないもの (EG) では 33 kgf/cm<sup>2</sup> と冷延鋼板の場合より低かつた。塩水噴霧試験

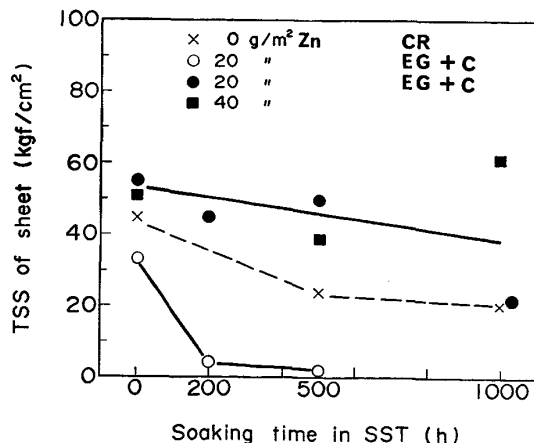


Fig. 4. Effect of SST time on TSS of sheet for various EG sheets (Resin R).

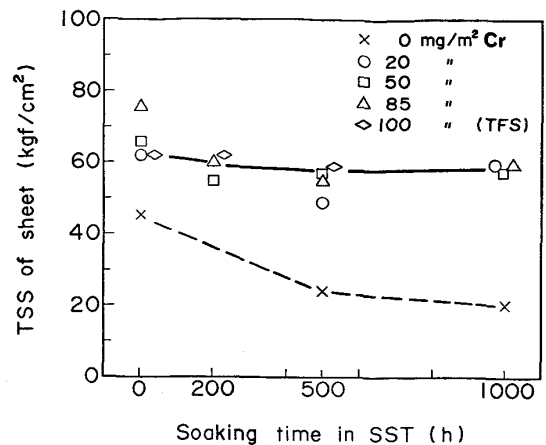


Fig. 5. Effect of SST time on TSS of sheet for various chromate treatments (Resin R).

後の TSS (これを 2 次接着強度と呼ぶ) は、いずれも 1 次接着強度より低下した。なかでも C 処理していない EG では、TSS の低下が著しく、200 h 後には TSS が 10 kgf/cm<sup>2</sup> 以下となつた。冷延鋼板でも TSS の低下が大きく、1000 h 後には TSS が 30 kgf/cm<sup>2</sup> 以下となつた。EG+C では TSS の低下は冷延鋼板の場合よりは少なかったが、それでも 1000 h 後には TSS が貼り合わせ直後の値の約 2/3 に低下した。

一方、制振鋼板の TSS におよぼすクロメート処理の影響は Fig. 5 に示すとおりであり、クロメート処理鋼板ではいかなる付着量においても (20~85 mg/m<sup>2</sup>), TSS が冷延鋼板や EG の場合より高く、1 次接着強度が 60~80 kgf/cm<sup>2</sup>、1000 h 後においても約 60 kgf/cm<sup>2</sup> の TSS があつた。電解クロメート処理鋼板である TFS (Cr: 100 mg/m<sup>2</sup>) では、2 次接着強度の低下が少ないことが注目される。

これらのことから、常温用制振鋼板のスキン鋼板として、Zn めつき鋼板よりも冷延鋼板にクロメート処理した鋼板がふさわしいことがわかる。

次に樹脂 M の場合について述べる。

制振鋼板の 1 次、2 次接着強度におよぼす EG の影響を Fig. 6 に示す。1 次接着強度はスキン鋼板として冷延鋼板を使用した場合 (CR) も、EG を使用した場合 (EG, EG+C) もともに高く、110~140 kgf/cm<sup>2</sup> の値を示す。しかし 2 次接着強度はいずれも低く、1000 h 後には 30 kgf/cm<sup>2</sup> 以下に低下してしまう。

クロメート処理の 1 次、2 次接着強度におよぼす影響は Fig. 7 に示すとおりであり、1 次接着強度は 100~120 kgf/cm<sup>2</sup> と EG や EG+C の場合よりわずかに低い、2 次接着強度の低下は少なかった。この樹脂では TFS をスキン鋼板に用いた場合の 2 次接着強度の低下

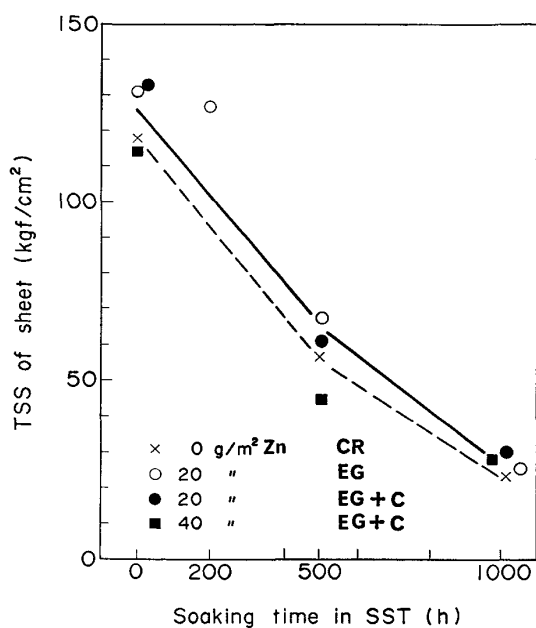


Fig. 6. Effect of SST time on TSS of sheet for various EG sheets (Resin M).

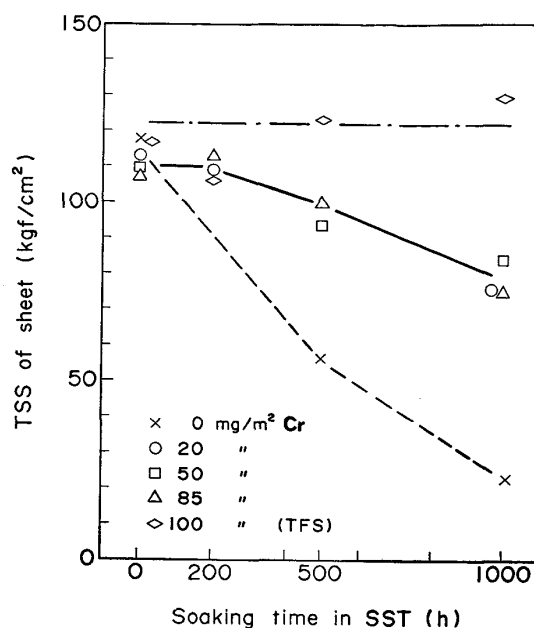


Fig. 7. Effect of SST time on TSS of sheet for different chromate weights (Resin M).

はみられなかった。

これらのことから、常温用制振鋼板の場合と同様、中温用制振鋼板のスキン鋼板として Zn めつき鋼板よりもクロメート処理鋼板のほうがふさわしいことが分かる。ただし、Cr の最適付着量に関しては十分なデータがえられなかった。

#### 4. 考 察

1 次、2 次 接着強度におよぼす EG とクロメート処理の影響を調べ、スキン鋼板として Zn めつき鋼板より、クロメート処理鋼板が良いことが分かったが、その理由を考察するため、まず T 字剥離面の詳細な観察を実

施した。

Table 5 は界面の破壊モード<sup>13)</sup>をまとめたもので、塩水噴霧試験により、破壊モードが樹脂の凝集破壊から樹脂と鋼板あるいは樹脂と鋼板下地処理層の間の界面破壊に移行する様子がよく現れている。凝集破壊と界面破壊の中間段階には混合破壊と呼ばれるモードがあり、部分的に凝集破壊する領域と界面破壊する領域が存在する。Table 5 では凝集破壊を C、界面破壊を I、そして混合破壊を M と表記しているの、破壊モードは C→M→I というように変化することになる。

また塩水噴霧試験によつて、エッジから内部に向かって進行する錆発生あるいは Zn の溶解の様子を調べた。

Table 5. Change in T-peel mode of resin with salt spray testing.

| Symbol | Steel                            | Resin    | R   |     |     |       | M   |     |     |       |
|--------|----------------------------------|----------|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-------|
|        |                                  | Time (h) | 0   | 200 | 500 | 1 000 | 0   | 200 | 500 | 1 000 |
| A      | Cold rolled steel                |          | CCC | III | III | III   | CCM | CCI | III | III   |
| B      | Chromate (20 mg/m <sup>2</sup> ) |          | CCM | MMM | MMM | MMM   | CCC | CCC | MMM | MMM   |
| C      | Chromate (50 mg/m <sup>2</sup> ) |          | CMM | MMM | MMM | MMM   | CCC | CCC | CCC | CCC   |
| D      | Chromate (85 mg/m <sup>2</sup> ) |          | C?? | CMM | MMM | MMM   | CCC | CCC | CCM | CCM   |
| E      | TFS (100 mg/m <sup>2</sup> )     |          | CCC | CCM | MMM | MMM   | CCC | CCC | CCC | CCC   |
| A      | Cold rolled steel                |          | CCC | III | III | III   | CCM | CCI | III | III   |
| F      | EG (20/20 g/m <sup>2</sup> )     |          | III | III | III | III   | CCC | CCC | MMM | MMM   |
| G      | EG (20/20 g/m <sup>2</sup> )+C   |          | CCC | CMM | MMM | MMM   | CCC | CC- | CCC | MMM   |
| H      | EG (40/0 g/m <sup>2</sup> )+C    |          | CMM | MII | III | III   | CCC | CCC | CCC | MMM   |

<Number of test pieces> n=3

<Failure mode> C: Cohesive

M: Mixed

I: Interface

その代表的な様子を Fig. 8 に示す。

冷延鋼板では両方のエッジから赤錆が発生する。EG と EG+C ではエッジに赤錆は認められないが、Zn の溶解が明瞭に認められる。クロメート処理鋼板や TFS では、エッジに赤錆がほとんど認められない。このように赤錆の発生や Zn の溶解が起きた部分は界面破壊になっているので、スキン鋼板表面の変化がよくわかる。これとよく似た現象はスクラッチを入れた塗膜の塩水噴霧試験にみられ、塗膜がふくれを生じ、剝離していく現象をエッジ・クリープと呼んでいる<sup>14)</sup>。そこで、制振鋼板のエッジからの赤錆発生や Zn の溶解を同様にエッジ・クリープと表現することにした。

Fig. 9 は樹脂 R においてエッジ・クリープにおよぼ

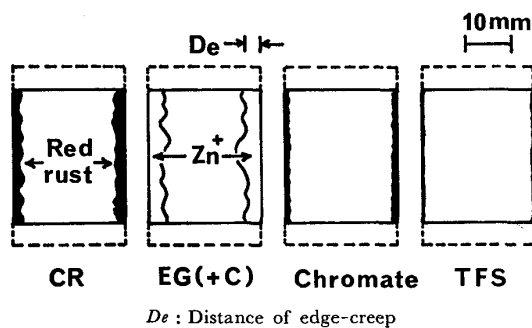


Fig. 8. Comparison of edge-creep behavior for SST in various skin steels (Resin M, after 500h).

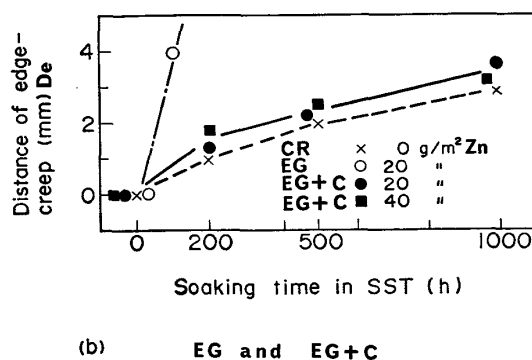
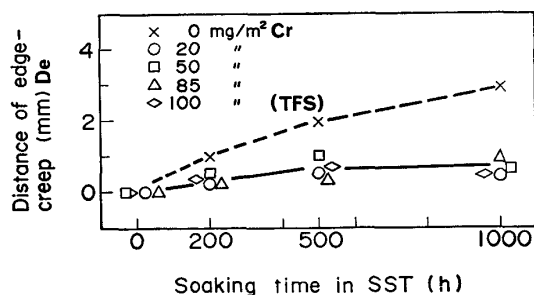


Fig. 9. Effect of SST time on edge-creep with different chromate weights and various EG sheets (Resin R).

す塩水噴霧試験時間の影響を示しており、同図から (1) クロメート処理鋼板ではエッジ・クリープがほとんど進行しないこと、(2) EG+C ではエッジ・クリープの程度が冷延鋼板 CR とほぼ同じであること、および (3) EG では CR よりもエッジ・クリープが進行しやすいことが分かる。

また、Fig. 10 は樹脂 M におけるエッジ・クリープの進行状況を示すが、同図から (1) クロメート処理鋼板とくに TFS ではエッジ・クリープがほとんど進行しない

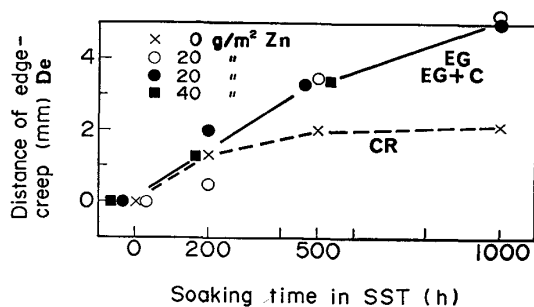
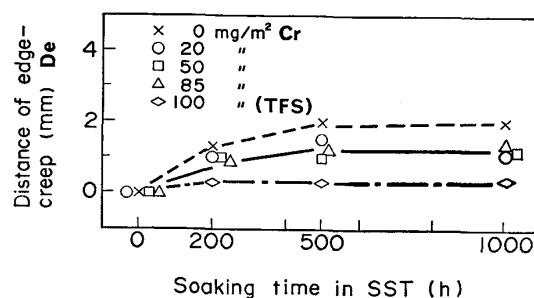


Fig. 10. Effect of SST time on edge-creep with various EG sheets and different chromate weights (Resin M).

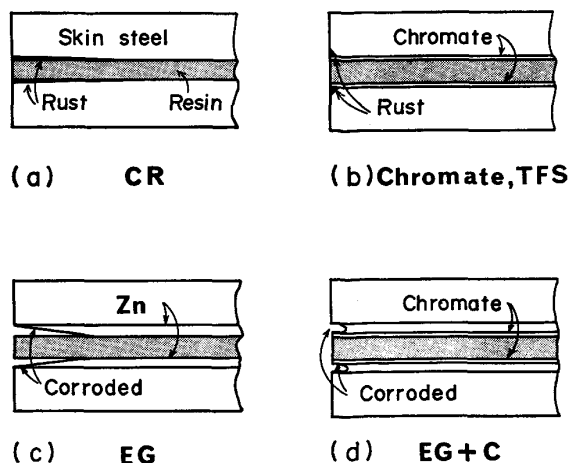


Fig. 11. Mechanism of TSS decrease by edge-creep after salt spray test.

いこと、(2) EG あるいは EG+C は冷延鋼板よりエッジ・クリープが進行しやすいことが分かる。

以上に述べたエッジ・クリープの差異が生じる機構は Fig. 11 に示すとおりである。(a) 冷延鋼板では端面から赤錆が発生し、鋼板表面に赤錆が徐々に進行するので、樹脂がスキン鋼板から剝離する。(b) クロメート処理鋼板や TFS の場合は水和性クロム酸化物による不働態化現象により<sup>15)</sup>、端面から発生した赤錆は内部に進行しにくい。(c) EG の場合は Zn が溶解して犠牲防食するので赤錆は発生しないが、樹脂と鋼板の間に存在した Zn 層がなくなるので、樹脂がスキン鋼板から剝離する。(d) EG+C の場合も Zn の溶解が起きるが、樹脂と Zn 層の間にクロメート層があるため、Zn の溶解は (c) より抑制される。

2 次接着強度とエッジ・クリープを比較すると、2 次接着強度の低下がエッジ・クリープによる接着面積の減少によるものだけではなく、樹脂と鋼板あるいは樹脂と下地処理やめつき層との結合力の低下によるものもあることが分かる。このことは T 字剝離試験の破壊モードが Table 5 に示したように、エッジ・クリープがそれほど進行していなくても、C→M→I と変化することでも分かる。

そこで樹脂とスキン鋼板との結合力の变化について以下に考察する。

スキン鋼板と樹脂の接着は次の過程を経る<sup>16)</sup>。

- 1) むれ工程：スキン鋼板表面と樹脂のむれ
- 2) 接着工程：接着界面における結合の形成
- 3) 凝集工程：樹脂層の凝集固化
- 4) 内部応力発生工程：凝集固化に伴い発生

この工程を経たのちに発生する接着力は、次の二つの結合力の和である<sup>17)</sup>。

A：1 次結合エネルギー（化学結合，イオン結合）

B：分子間結合エネルギー

制振鋼板の貼り合わせ界面の接着力の大部分は、このうちイオン結合の一種である水素結合であるといわれているが<sup>17)</sup>、PVB 樹脂<sup>18)</sup>とクロメート処理鋼板の接着を

考えると、その結合は Fig. 12 のようになる。すなわち、クロメート中の  $-OH$  と PVB の  $-OH$  とが熱を加えることにより脱水反応し、 $R-O-Cr$  の化学結合になつていと考えられる。したがって、クロメートと地鉄との結合力が樹脂自身の凝集力より十分に強い場合には、クロメート処理によつて 1 次接着強度を高くすることができる。

冷延鋼板の 1 次接着強度がクロメート処理鋼板のそれと比べてやや劣るのは、冷延鋼板の表面に  $-OH$  が少ないためである。EG の 1 次接着強度が冷延鋼板のそれより劣つたのは、表面に  $ZnO$  が生成し、これがいわゆる、脆弱層 (WBL)<sup>13)</sup> となつたためと考えられる。EG+C の場合には反応型クロメート処理実施時に Zn の上にクロメート皮膜が生成するため、 $ZnO$  のような WBL がないので、1 次接着力が高い。

2 次接着力の低下は上述したように、エッジ・クリープによる接着面積の減少という物理的な要因だけでなく結合力の低下という化学的な要因を考慮する必要がある。

前述したように樹脂とスキン鋼板の接着が水素結合だけだとすると、高い接着強度は得られないが、水素結合のほかに化学結合があると高い接着強度が得られる。さらにこの接着の耐久性を考えると、種々の要因たとえば水によつて結合が切られる度合いは水素結合より化学結合のほうが少ないはずである。ちなみに化学結合、水素結合、および 2 次結合(分子間力)の結合エネルギーはそれぞれ 50~350 kcal/mol, 2~7 kcal/mol, および 0.01~1 kcal/mol である<sup>13)</sup>。

樹脂との結合力の強いクロメート処理鋼板や TFS、あるいは EG+C では高い 2 次接着強度が得られているが、なかでもエッジ・クリープの影響の少ないクロメート処理鋼板と TFS はもつとも高い 2 次接着強度が得られた。冷延鋼板では水素結合だけであるので、SST の水により、結合が比較的容易に切られるため、2 次接着強度の低下が大きかつた。また、EG では化学結合がないように、エッジ・クリープが速く進行するので、2 次接着強度がもつとも低い結果になつた。

本実験において、芯材樹脂の接着力の違いの影響がどのように現れているか検討する。

樹脂 R と樹脂 M の凝集破壊強度はそれぞれ約 60 kgf/cm<sup>2</sup> と約 120 kgf/cm<sup>2</sup> であつた。1 次接着強度のばらつきが樹脂 R において大きく、樹脂 M において小さかつたのは、Table 5 に示したように、樹脂 M ではほとんど凝集破壊であつたのに対して、樹脂 R では凝集破壊から界面破壊まで種々の破壊モードであつたためである。界面

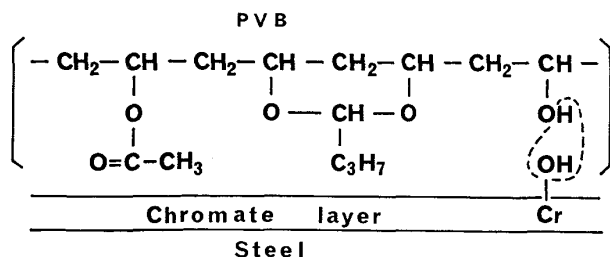


Fig. 12. Bonding between PVB film and skin steel surface.

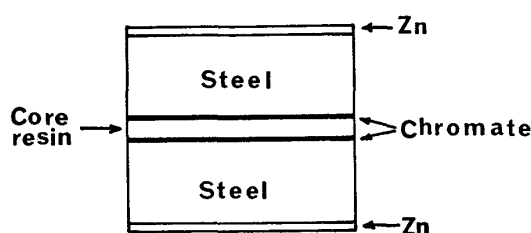


Fig. 13. Optimum configuration of damping steel with skin steel whose surface one-side EG and the opposite side one-side chromate.

破壊する場合はスキン鋼板の表面状態や貼り合わせ条件などにより1次接着強度が変動しやすく、制振鋼板の接着破壊モードは凝集破壊となるようにすべきである。

なお、本実験ではクロメートの付着量がTSSにおよぼす影響が明確にならず、 $20 \sim 85 \text{ mg/m}^2$ の間でほぼ同等の結果が得られた。これはSSTの試験時間が短い(1000 h)ためである。また、クロメート処理の最適条件の検討を実施していないが、それについては別の発表機会に譲ることとする。使用する樹脂によつては、溶解比の影響、各種添加剤の影響<sup>19)</sup>、乾燥温度の影響、あるいはCr固定率の影響などを調べる必要がある。

最後に本実験から得られる結論として、制振鋼板や軽量鋼板などの、鋼-樹脂-鋼の複合鋼板では、スキン鋼板に表面処理鋼板を使用する場合は、Fig. 13に示すように、スキン鋼板は片面めつきとし、かつその反対面を塗布型クロメート処理して、めつき面を外側に、クロメート面を内側に貼り合わせるのがもつとも良い方法であるということを記しておく。

## 5. 結 言

複合型制振鋼板のスキン鋼板用下地処理としてもつとも適した処理方法を見出すため、冷延鋼板、クロメート処理鋼板、および電気亜鉛めつき鋼板を用いた制振鋼板の塩水噴霧試験を行い、腐食環境下における接着の耐久性を調べ、以下の結論を得た。

1) 接着界面の耐久性はスキン鋼板に適切な下地処理を施すことにより向上する。

2) 冷延鋼板表面への塗布型片面クロメート処理はスキン鋼板用下地処理として適しており、同処理は貼り合わせ直後の接着強度を高め、塩水噴霧試験による接着強度の低下を防止する。

3) 電気亜鉛めつき鋼板は、反応型クロメート処理の

有無に関係なく、Znの溶解が起きてエッジ・クリープが進行しやすいので、塩水噴霧試験による接着強度の低下は避けられない。

4) 制振鋼板のT字剥離面の破壊モードは、塩水噴霧試験の継続によつて樹脂の凝集破壊から混合破壊を経て樹脂と鋼板の界面破壊に移行する。

5) 貼り合わせ直後の接着強度、塩水噴霧試験による接着強度の低下、およびT字剥離面の破壊モードの変化は樹脂とスキン鋼板の結合を、水素結合と化学結合の両方考えることにより説明できる。

6) 防錆のニーズに応えるためスキン鋼板として亜鉛めつき鋼板を使用する場合は、片面めつきとし、その反対面を塗布型クロメートしたものを、めつき面を外側に貼り合わせるのが最適である。

## 文 献

- 1) 鋼材倶楽部新製品紹介委員会：騒音防止と鋼材 (1975年6月)
- 2) 日本騒音制御工学会インターノイズ'84準備委員会：インターノイズ'84報告 (1985年2月)
- 3) 郡田和彦：第106・107回西山記念技術講座 (日本鉄鋼協会編) (1985), p. 245
- 4) 千葉範夫：鉄と鋼, 71 (1985), p. 1742
- 5) 林 寿雄：プラスチック, 35 (1984) 12, p. 107
- 6) 自動車技術会：「最近の振動騒音解析技術と大型車の騒音対策」に関するシンポジウム, 東京 (1983年12月)
- 7) 宮里昭男：日本機学会誌, 87 (1985) 797, p. 365
- 8) 松本義裕, 篠崎正利, 角山浩三, 津川俊一：鉄と鋼, 72 (1986) p. 1905
- 9) 篠崎正利, 松本義裕, 西田 稔：鉄と鋼, 69 (1983), S 1467
- 10) 篠崎正利, 松本義裕, 西田 稔, 入江敏夫, 古川幸夫, 高崎順介：川崎製鉄技報, 16 (1984) 4, p. 56
- 11) 東陽通商カタログ 603-1002/5 改
- 12) 北崎寧昭：日本金属学会会報, 24 (1985) 2, p. 132
- 13) 中尾一宗：溶接学会誌, 53 (1984) 2, p. 23
- 14) 喜安哲也, 安田 顕, 小林 繁, 久保浩史, 市田敏郎：鉄と鋼, 71 (1985), S 477
- 15) 前田重義：日本金属学会会報, 23 (1984) 11, p. 926
- 16) 福丸勉郎：金属表面技術, 30 (1979) 4, p. 2
- 17) 金丸 競, 井上幸彦, 古谷正之：接着と積層 (高分子学会編) (1969), p. 4 [地人書館]
- 18) 日本塗装技術協会：実用塗装・塗料用語辞典 (1976年12月)
- 19) 三代沢良明, 小沢一彦：金属表面技術協会, 第73回講演大会要旨集 (1986年2月), 27C-5