

新製品紹介

クリア樹脂被覆高耐食フェライト系ステンレス鋼板『タフテンU』

森 川 茂 保* 武 津 博 文**

Clear Organic Composite Coated Atmospheric Corrosion Resistant
Ferritic Stainless Steel, 『Toughten-U』

Shigeyasu Morikawa, Hirofumi Taketsu

1. 緒 言

ステンレス鋼は優れた耐食性とメンテナンスの簡便さから、各種建築部材へ使用されている。当社材の屋根・外装用フェライトステンレス鋼 NSS445M2 (22Cr-1.2Mo-Nb-Ti-Al, 以下タフテン I と記す) は優れた耐食性のみならず、加工性やシーム溶接性も良好なことから、展示物や体育館などの大型建築物の長尺屋根などに使用されている¹⁾。一般に金属材料はロールフォーミング成形されたのち屋根材として使用されることが多く、無垢のステンレス鋼の場合、カジリが発生しやすく、製品の外観を損ねるだけでなく成形ロールにまで傷が生じる。このため、ステンレス鋼には、100 μ m前後の保護フィルムを両面に貼りつけてから成形する方法が採用されている。しかし、保護フィルム貼り付けは次のような問題を抱えている。

- 1) 剥ぎ取ったフィルムは、産業廃棄物として処理しなければならない。
- 2) 保護フィルムの貼り付けおよび剥ぎ取りは大半が手作業で行われているため、作業負荷が大きい。
- 3) 保護フィルムの粘着剤は経時変化し易く、剥がれ残った粘着剤で外観を損ねる場合がある。
- 4) 保護フィルムの費用が高い。

このような問題点の解決を目的に、保護フィルムを使用しなくてもロール成形性に優れた外装用クリア樹脂被覆ステンレス鋼を開発した。本報では、成形性や耐候性の向上とともに、保護フィルムフリー化による廃棄物

の排除など環境適合性も有した開発材の品質特性について紹介する。

2. 開発経緯

外装用ステンレス鋼に形成されるクリア樹脂皮膜にはロール成形性のみならず、皮膜が形成された状態で施工されることから耐候劣化による著しい色調変化が無いことが要求される。

2.1 ロール成形性に適したクリア樹脂皮膜の適用

ステンレス鋼に形成された樹脂皮膜は、ロール成型時に金型とステンレス鋼が直接接触することを防止するとともに、金型と摺動する際の優れた滑り込み性を得るのに有効である。しかし、この樹脂皮膜の下地ステンレス鋼との密着性が不十分だと成型ロールにかじられた皮膜の付着、堆積が起こる。したがって、皮膜には加工時の変形に追従し得る下地との密着性が必要である。皮膜の密着性は、下地ステンレス鋼の表面粗さ、プレス成型時の変形により皮膜に生じる内部応力を緩和できる皮膜の柔軟性などに支配されるといわれている。そこで、光沢仕上げの平滑なステンレス鋼でも良好な密着性が得られる柔軟で延性に優れた樹脂皮膜を適用することとした。この樹脂皮膜は、皮膜厚が1.0 μ m以上となるように形成すれば、種々のロール成型試験においても良好な摺動性が得られ、下地ステンレス鋼にもカジリが発生しないことが確認できた。

*技術研究所 表面処理研究部 表面処理第三研究チーム

**技術研究所 表面処理研究部 表処理第三研究チームリーダー

2.2 施工後の樹脂皮膜の外観変化

ステンレス鋼に形成された樹脂皮膜は、紫外線、気温、湿度、降雨、海塩粒子や腐食性ガスなどの種々の環境因子によって劣化状態や劣化速度は異なるが、開発品のように1～2μm程度の薄膜では、2年以内の比較的短期間に皮膜は劣化により消失する。この皮膜の劣化過程において著しい変色などの外観を損ねることのない皮膜を選定する必要がある。

ロール成形性の観点から抽出した樹脂皮膜を2.0μm形成したステンレス鋼を耐候促進試験（サンシャインウェザーメーター）や大気暴露試験で外観変化を評価した。図1に示すように、樹脂皮膜を形成した供試材の試験前の光沢度、明度は、タフテンI（無垢材）と比較してともに低いですが、目視ではほとんど差は認められなかった。

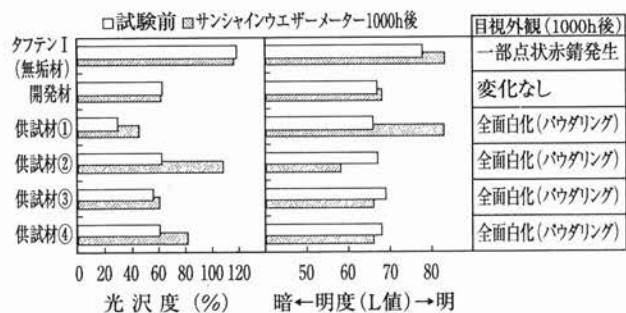


図1 試験前およびサンシャインウェザーメーター1000h時間後の光沢度と明度

Fig.1 Glossiness and lightness of the samples before and after sunshine weather meter tests for 1000h.

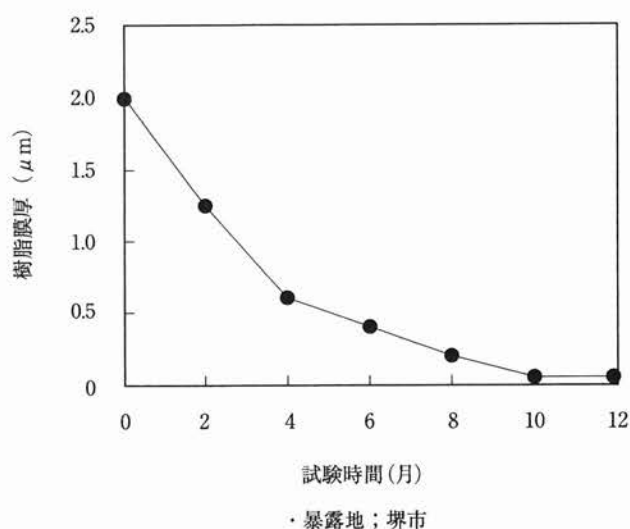


図2 残存樹脂膜厚におよぼす大気暴露試験時間の影響

Fig.2 Effect of atmospheric exposure test time on remained organic resin thickness.

耐候促進試験1000h後では、開発材は良好な外観を維持できたが、他の樹脂被膜材は白化（パウダリング）が認められた。また、図2に示すように開発材は、大気暴露試験において約1年で皮膜が徐々に消失すること、およびその過程で著しい色調変化がなく、美観を損なわないことが確認できた。

以上のように、優れたロール成形性を有し、施工後に著しい色調変化がなく皮膜が消失する開発樹脂皮膜を選定した。また、本開発材は大気暴露環境下で皮膜が徐々に消失し、無垢のステンレス鋼となることでリサイクルが容易になる。

3. 品質特性

両面に開発樹脂皮膜をそれぞれ2.0μm施したタフテンI（NSS445M2，2DR仕上げ，板厚：0.8mm）を供試材とした。また、比較材として開発樹脂皮膜を形成していないタフテンIの無垢材を用いた。

3.1 表面外観の変化

大気暴露試験における光沢度の変化を図3に、明度（L値）の変化を図4に示す。開発材の初期光沢度はタフテンI（無垢材）と比較して低いですが、6ヶ月を経過すると増加傾向を示し、皮膜が消失する12ヶ月後にはタフテンI（無垢材）と同レベルとなった。一方、明度も同様に試験前の開発材はタフテンI（無垢材）より若干低いですが、12ヶ月経過するとほとんど差はなくなった。また、

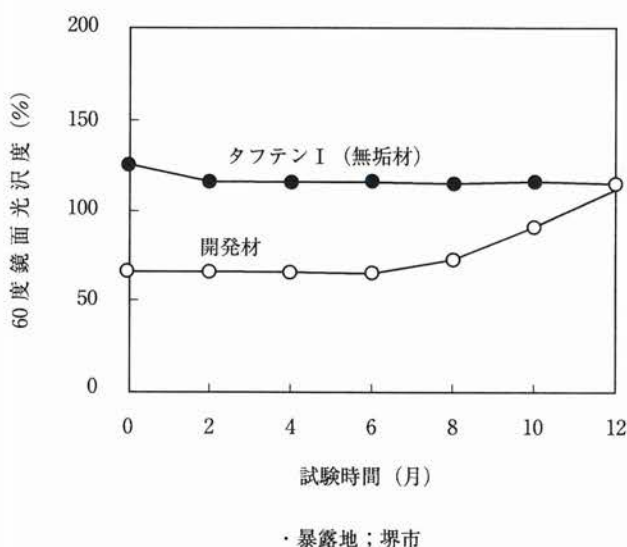


図3 光沢度におよぼす大気暴露試験時間の影響

Fig.3 Effect of atmospheric exposure test time on glossiness.

図5に試験前および大気暴露12ヶ月後の表面外観を示すが、開発材の表面外観はタフテンI（無垢材）と同様に変化はほとんど認められなかった。

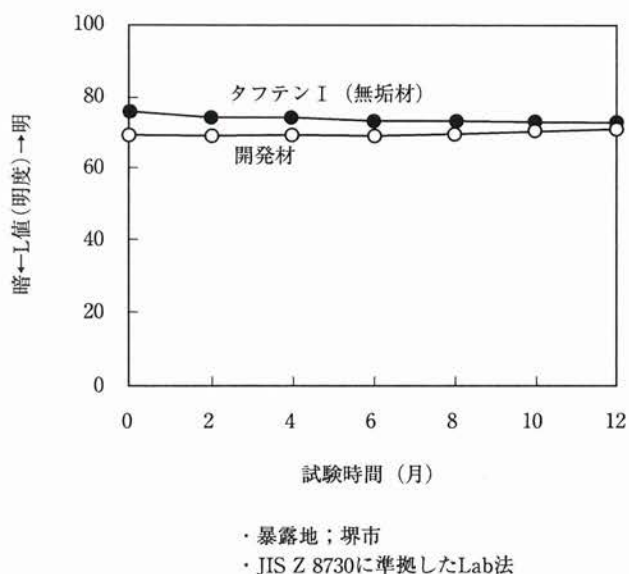


図4 L値(明度)におよぼす大気暴露試験時間の影響

Fig. 4 Effect of atmospheric exposure test time on L-value (lightness.)

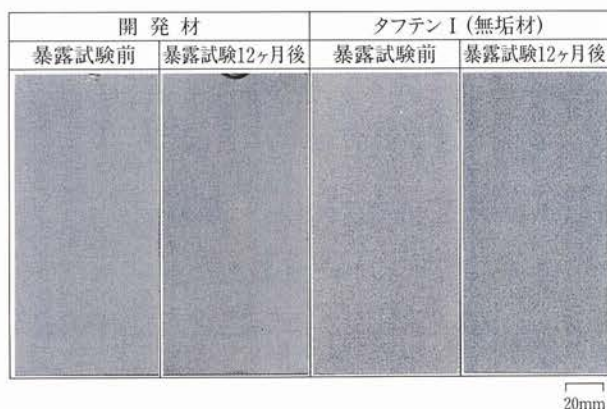


図5 大気暴露前後の外観

Fig. 5 Appearance of specimens of before and after atmospheric exposure test.

以上の結果から、開発材は暴露初期においてタフテンI（無垢材）と比較して若干光沢度および明度が低い、樹脂皮膜の劣化、消失にともない大気暴露12ヶ月後にはタフテンI（無垢材）と同様の外観となり、その変化は目視ではほとんど判別できないものであることが確認された。

3.2 加工性（耐かじり性）

ステンレス鋼のロール成型時の滑り込み性の良否をドロビーボード（摺動変形）試験時の引き抜き力により評価

した。図6に示すように、開発材はタフテンI（無垢材）と比較して、引き抜き力が小さく、良好な滑り込み性を示した。これらの試験後の外観を図7に示す。タフテンI（無垢材）では、触感でも確認できるかじり傷が発生したのに対し、開発材はいずれの加圧力においてもかじり傷の発生がなく美しい外観を有していた。このように開発材は、保護フィルムを施さなくても成形後の美しい外観の保持が可能である。

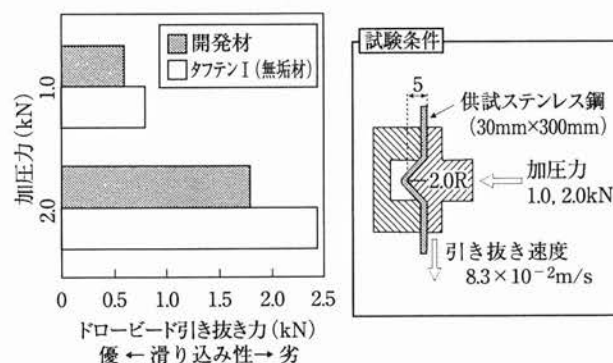


図6 ドロビーボード試験時の引き抜き力におよぼす加圧力の影響

Fig. 6 Effect of pressure on drawing force in bead drawing test.

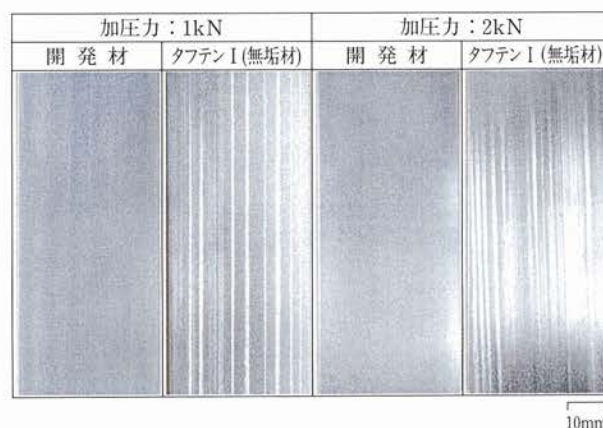


図7 ドロビーボード試験後の外観

Fig. 7 Appearance of specimens after bead drawing test.

3.3 耐汚染性

3.3.1 耐指紋性

図8に供試材の人工指紋液（JIS K 2246）押捺前後の明度変化（ ΔL ）を示す。開発材は樹脂皮膜の効果により押捺前後の明度変化が小さく、耐指紋性に優れていることがわかった。したがって、取り扱い時の指紋の付着による目立った汚染はなく、良好な外観が維持できると考えられる。

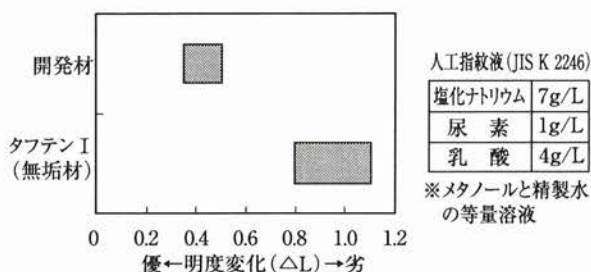


図8 供試材の耐指紋性(人工指紋液押捺前後の明度差)

Fig. 8 Anti-fingerprint property of specimens.

(ΔL value of before and after stamping of simulated artificial fingerprint solution)

3.3.2 耐汚染性

施工後の砂やゴミ等の付着による汚れを想定し、関東ローム (JIS Z 8901, 試験用ダスト11種) を均一に振りかけ、絵筆で軽く拭き取った後の重量増加量を測定した結果を図9に示す。開発材の付着重量はタフテンI (無垢材) の約1/6と少なく、目視でも試験用ダストの付着はほとんど認められなかった。

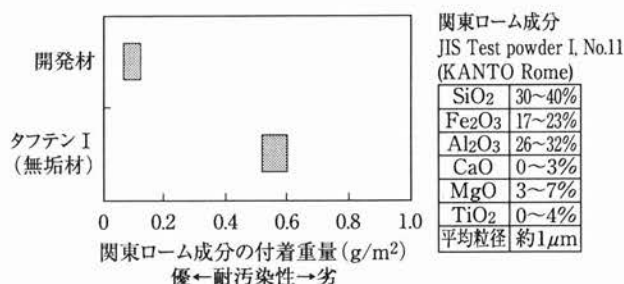


図9 供試材の耐汚染性

Fig. 9 Stain resistance of specimens.

3.4 耐もらい錆性

3.4.1 複合腐食試験

鉄粉を付着させ、その上に濃度を変えた人工海水を滴下した試験片の複合腐食試験を行い、その後錆の除去を行った外観を図10に示す。鉄錆が強固に付着したタフテンI (無垢材) は水洗では除去できないが、樹脂皮膜を形成した開発材は、水洗程度でも鉄錆の除去が可能で、降雨による洗浄効果も期待できる。なお開発材は強酸の市販錆除去剤を使用すると樹脂被膜が白化し、外観不良となることから、施工初期におけるもらい錆の除去は水洗で対応する必要がある。

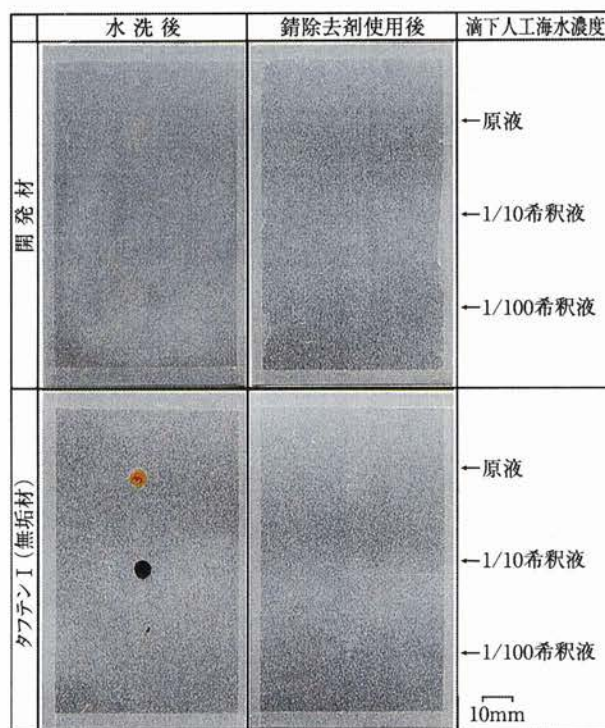
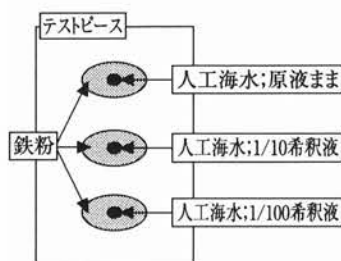


図10 複合腐食試験後の外観(100サイクル)

Fig.10 Appearance of specimens after 100cycle of CCT (Cyclic corrosion test.)



- ・人工海水：八州薬品製アクアマリン (Cl：約3mass%)
- ・人工海水滴下量：30μL
- ・供試鉄粉：純度99.5%，60メッシュ，約2g塗布
- ・サイクル試験条件；
 - ①湿潤：30℃，80%RH×60min
 - ②乾燥：40℃，50%RH×50min
 ①→②の繰り返し
- ・錆除去剤(市販品)；ケミカル山本製 ビカ素#SUS300W

3.4.2 大気暴露試験

頭を除去した鉄釘3本を供試材に並べてテープで固定し、大気暴露（毎夕に水噴霧）を一週間行った。試験後および錆除去後の外観を図11に示す。前項の試験同様、開発材は水洗で鉄錆の除去が可能で、良好な耐もらい錆性を示した。

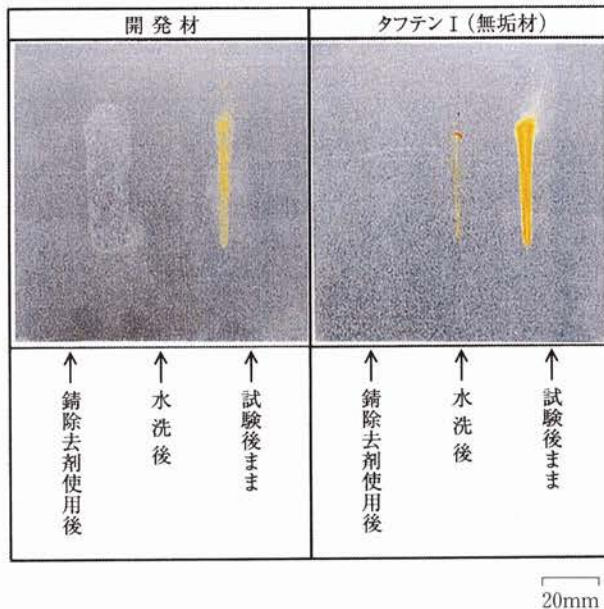
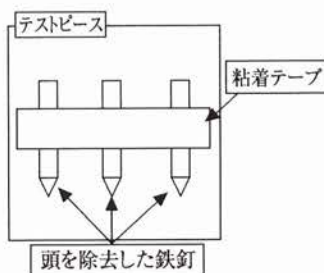


図11 大気暴露試験後の外観（暴露期間：1週間）

Fig.11 Appearance of specimens after atmospheric exposure test.



- ・暴露地；堺市
- ・暴露期間；1週間（毎夕に水噴霧）
- ・錆除去剤；（市販品）ケミカル山本製ピカ素#SUS300W

4. 使用例

図12に開発材の使用例として、平成10年1月に施工された西武ドームおよび平成11年7月に施工された埼玉スーパーアリーナの 外観を示す。それぞれ屋根材にタフテンIUが使用されている。いずれも実際の現場で150m以上の連続ロールフォーミング成形され、施工されている。そのロールフォーミング状況を図13に示す。連続ロールフォーミング性、取り扱いおよび施工後の外観等は良好で好評を得ている。また、タフテンIUは他に福岡空港国際ターミナルビル、東京電力品川火力発電所などの大型建築物に多数採用されている。



西部ドーム (SEIBU dome stadium)



埼玉スーパーアリーナ (SAITAMA super arena)

図12 開発材の外装建材用途への使用例

Fig.12 Applications of developed products for external building materials.



図13 開発材の連続ロールフォーミング

Fig.13 Continuous roll forming of developed products.

5. 結 言

本開発材である屋根・外装用クリア樹脂被覆ステンレス鋼（タフテンUシリーズ）は、以下のような製品特性を有している。

- 1) クリア樹脂皮膜は施工後約1年で劣化消失し、ステンレス鋼の無垢材と同じ外観になる。その過程は緩やかであり、著しい色調変化は認められない。また、クリア樹脂皮膜が消失したステンレス鋼は、無垢材と同様に容易にリサイクルできる。
- 2) 成形加工時（ロールフォーミング）に保護フィルムを貼り付けなくても、良好な耐カジリ性が得られる。また、従来は産業廃棄物となる保護フィルムをなくすことで、作業負荷の低減とともに環境適応性を有した製品となった。
- 3) 開発材は樹脂皮膜の効果で、皮膜が残存している施工初期段階において無垢のステンレス鋼と比較して良好な耐指紋性や耐もらい錆性を有している。

参考文献

- 1) 宇都宮武志，杉本育弘，足立俊郎，植松美博：日新製鋼技報，70（1994），45.