チタン陽極酸化技術の建築材料への応用

山口 英 俊*, 佐 藤 廣 士*

Application of Titanium Anodizing Technology to Architectural Materials

Hidetoshi YAMAGUCHI* and Hiroshi SATO*

Key Words : Titanium, Anodizing, Architectural Materials, Hue

1. まえがき

チタンの陽極酸化による着色の研究は20年以上前から行われ¹⁾, 光の干渉作用により多彩な色調を発色することが知られているが²⁾, 建築材料への本格的な適応はここ2~3年以内である³⁾。これは大面積のチタン板を高電圧まで均一に着色することが難しく, また色彩制御に関する研究も着手されなかったためである。本報では陽極酸化法を中心にチタンの着色法, 着色チタン(カラーチタン)の特性及び建材用途への応用に関して紹介する。

2. チタンの着色法

チタンの着色法として陽極酸化法のほか大気加熱酸化法および化学酸化法がある。大気加熱酸化法では製造コストが安く, 着色皮膜の密着性が優れる。しかし, 発色可能な色調が2~3種類と少なく, その色調制御も難しい。さらに, 大面積のチタン板を黄金色以外に均一に着色することも困難である。

化学酸化法は簡便な方法であるが, 薄黄色以外の色彩を発色できない欠点がある。しかし, 陽極酸化法及び大気加熱酸化法では困難な黒色を発色できる特徴がある⁴⁾。

一方, 陽極酸化法は彩やかさ(高彩度), 色調の種類およびその制御の点から他の2法よりはるかに優れている⁵⁾。チタンの陽極酸化前処理法として, 脱脂, 酸洗⁶⁾表面機械研磨⁷⁾およびそれらを組み合わせた方法がある。前処理法として脱脂のみを行うチタン着色法は工程上非常に簡単であり工業化されているが, 黄金色以外の色調を均一に発色することは難しい。また, 材料ロッド間における色誤差が生じる。脱脂のみでは表面酸化皮膜を除去できないため, 材料ロッド間における酸化皮膜の膜厚差の影響が陽極酸化後における色誤差に現われる。この

問題を解決するためには機械研磨もしくは酸洗によりチタン表面の酸化皮膜を予め除去する必要がある。

チタン陽極酸化用電解質として無機酸, 有機酸および無機塩基の溶液が報告されているが^{1), 2)}, リン酸系溶液を使用した場合最も高電圧まで陽極酸化できる。アルミニウムを陰極, 前処理を行ったチタンを陽極として定電圧電解を行うことによりチタン表面に酸化皮膜を成長させる。電解電圧を上昇させるに従い酸化皮膜の膜厚が上昇し, 膜厚に対応してチタンの色調が多彩に変化する²⁾。

このほか, リン酸および硫酸混合溶液中において200V以上の高電圧で陽極酸化することにより3~5 μm の灰色皮膜を付与できる⁸⁾。これは従来の陽極酸化法では得られない厚い酸化皮膜を得ることができる。

カラーチタンの色調をAdam-Nickersonの色空間で整理したものを図1に示す。陽極酸化電圧を上昇させるに従い, チタンの色調は無彩色から黄金色→茶色→暗紫色を経て濃紺→薄青色→黄色へと変化する。さらに赤色→明紫色→明青色→青緑色→黄緑色→桃色へと変化する。

カラーチタンの特徴は色調が豊富であり, 10種類の基本的な有彩色すべてを発色可能であることである。第2の特徴は, 他の着色金属材に比較して極めて彩度が高い, すなわち彩やかな色彩を発色することである。第3の特徴はチタンの色調は陽極酸化電圧によって決定されるため色調コントロールが容易であることである。

3. チタン陽極酸化皮膜の特性

3. 1 耐食性

キャス試験結果によれば, カラーチタンは2000時間経過後においても腐食の発生は全く認められない。それに対してサッシ, カーテンウォール等で汎用されているカラーアルミ(交流二次電解法により着色したアルミニウム)は20時間経過後には孔食の発生が認められ, 200時間経過後サンプル全体に広がる。カラーステンレス(インコ法により着色したステンレス鋼)は400時間経過後孔食が発生する。このようにカラーチタンでは事実上孔食

* 神戸製鋼所 材料研究所 (〒651 兵庫県神戸市中央区脇浜町1-3-18, ☎078-251-1551)

Kobe Steel, Ltd. Materials Research Lab. (3-18, Wakihamacho 1-chome, Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo 651)

図1 チタン陽極酸化電圧と色調との関係
(電解質: 1% H₃PO₄)

図2 サンシャインウェザーメーターによる耐候性試験結果

等の腐食が発生する可能性はないものと考えられる。

3. 2 耐候性

サンシャインウェザーメーターによる光堅ろう度促進試験結果を図2に示す。カラーチタンは紫外線による変色及び光沢度低下が少なく、デューサイクル試験 500時間経過後でも $\Delta E^* < 6$ で目視では変色はほとんど認められない。一方、カラーアルミニウムは 300時間経過後、カラスステンレスは 500時間経過後に $\Delta E^* > 10$ となり色調変化をきたす。

4. カラーチタンの建築分野への適用

カラーチタンを適用した主な建築例を表1に示す。最初の適用例は1973年に早吸白女神社の屋根に黄金色に発色させたカラーチタンを用いたものであり、その後も神社の屋根などに一部利用されてきた。そして、1984年秋に東京電力(株)電力館が完成し近代建築物へのカラーチタンの本格的適用の先駆けとなった。以上の建築物に使用されたカラーチタンの色調はいずれも黄金色で、陽極酸

表1 カラーチタンを適用した主な建築例

完工	建築物	用途	仕様
'73	早吸白女神戸(大分)	屋根	黄金色、50m ²
'74	別府キングスランド(大分)	屋根	黄金色、150cm ²
'75	神崎中学校体育館(大分)	鼻隠し	黄金色、50m ²
'80	山神社(大分)	屋根	黄金色、150cm ²
'84	東京電力・電力館(東京)	屋根	黄金色、720cm ²
'85	大浦保育所(青森)	屋根	黄金色、50m ²
'85	個人住宅(兵庫)	ひさしの支柱	黄金色
'85	神鋼高砂工場(兵庫)	門札	濃青色
'86	三峰ビル(東京)	外壁目地	黄金色、180m ²
'86	日本高周波工場(千葉)	内壁	濃青色～淡青色
'86	神鋼興産ビル(兵庫)	屋根	黄金色
'86	三栄金属ビル(大阪)	外壁	黄金色、1250m ²
'87	真光教神社(静岡)	屋根、龍骨等	黄金色、3500m ²
'87	神鋼西神研究所(兵庫)	門札	青色
'87	北太平洋戦没者慰霊碑(アツ島)	銘板	グラデーション
'87	群馬県生涯学習センター(群馬)	モニュメント	青、緑、黄色等多色
'87	神崎中学校(大分)	ひさし	黄金色、50m ²
'87	佐賀関小学校(大分)	文字盤	黄金色、50m ²
'87	シマセイキビル(東京)	内壁	黄金色、100m ²
'87	南北備讃瀬戸大橋(香川)	防音壁	淡青色、500m ²
'87	タイヤショップ(金沢)	外壁	黄金色、50m ²
'87	イトーヨーカ堂ショッピングセンター(兵庫)	ひさし	淡青色、130m ²
'87	日本生命ビル(沖縄)	外壁	灰色、2500m ²

化電圧は10V以下に相当するものと考えられる。

酸洗技術を利用して黄金色以外のチタン特有の高彩度色を発色させた最初の例は1981年に設備された工場の門札(濃青色、6.9m×1.8m)⁶⁾である。従来、陽極酸化法により大きなチタン板を均一に発色させることは難しいとされていたが、陽極酸化前処理技術の確立により建材用広幅サイズ(1m×2m)のチタン板表面を均一に着色することが可能となった。

チタンは40種類以上の異なる色彩を発色でき、陽極酸化電圧を制御することにより細かい色彩制御が可能である。このカラーチタンの特徴を最大限に生かしたのは群馬県生涯学習センターの“虹の塔”である。

5. むすび

陽極酸化により作製したカラーチタンは色調が豊富な上、耐食性および耐候性に優れているためメンテナンスフリーをめざす高層ビルのカーテンウォール、海塩粒子にさらされる海岸地帯の屋根等への適用が期待される。

(1988-10-21 受理)

文 献

1) H. Geduld ; *Metal Finishing*, 1967, 62 (1967)
2) B. Seeley ; *Metal Progress*, 1982, 35 (1982)
3) 大黒真夫 ; チタン・ジルコニウム, 34(1), 3 (1986)
4) 芦浦保之 ; チタン・ジルコニウム, 33(2), 83 (1986)
5) 佐藤廣士 ; *Boundary*, 2(8), 12 (1986)
6) 山口英俊 ; 金属表面技術協会第73回講演大会, 15B-18
7) 志田善明 ; 日本金属学会第99回講演概要集, 115(1986)
8) 大中 隆 ; 金属表面技術協会第76回講演大会, 30B-16