

# 常温硬化型弗素樹脂塗料に関する研究

—大阪大林ビル外装 PC パネルの塗替工事適用について—

青 山 幹 堀 長 生

## Study on Room Temperature-Setting Fluororesin Coating System

—Application of Repainting Work to  
Exterior Precast Concrete of Osaka Ohbayashi Building—

Tsuyoshi Aoyama Nagao Hori

### Abstract

A room temperature-setting fluororesin coating system was developed recently and has been drawing attention. This paint has excellent weathering properties and resistance to ultraviolet rays owing to strongly-linked carbon and fluorine atoms (C-F bond).

The Osaka Ohbayashi Building was built about 12 years ago in 1973. The exterior walls appear to be deteriorating.

This report describes the results of investigations on exterior walls and the applicability of the coating material to repainting work on exterior precast concrete panels.

### 概 要

近年、常温硬化型弗素樹脂塗料が開発され注目されている。この塗料は、従来の塗料と比較してC-Fの強い結合エネルギーにより、耐紫外線に優れ、したがって極めて優れた耐候性を有している。常温硬化であるため、現場施工も可能となつて、塗替が困難な超高層建物には、適当な塗料であるといえる。

大阪大林ビルは、竣工後12年を経て、その外観には劣化も目立つようになったが、この報告では、その外装PCパネルを塗替えるにあたり、その調査結果と常温硬化型弗素樹脂塗料の塗替工事への適用性について記すものである。

### 1. はじめに

建築物の塗装工事の目的は、美装と軀体の保護にあることはよく知られているところである。これらで施工される塗材の厚さは、せいぜい数十 $\mu\text{m}$ ～数百 $\mu\text{m}$ と極めて薄く、また、主材料が有機高分子からなるために、その耐久性を高めることが、重要であるといえる。

塗料は、塗膜形成主要素、同副要素および顔料からなっており、耐久性を向上させるためには、これらすべての要素に対する配慮が必要となる。しかし、現状では、この塗膜形成主要素は、ほとんどが合成高分子材料であるが、耐久性向上のポイントは、この高分子材料を改質することであろうと考えられる。

合成樹脂の中で、弗素樹脂は非常に安定性が高く、特に炭化水素の水素を弗素に置換したパーフルオロ化合物や、それらの共重合化合物は、他の一般の合成樹脂と比

較して耐熱性、耐薬品性、耐紫外線の点ではるかに優れている。これは、炭素-弗素の一次結合エネルギーが119 kcal/mole と高く、極めて安定していることに基因している。弗素樹脂は、10年以上も前から塗料としては利用されているが、これらは、熱結晶型といわれるもので、250°C程度で焼付けることが必要であったために、現場塗装には適用できなかった。このたび開発された常温硬化型弗素樹脂塗料は、二成分タイプであるが、従来の塗料と同様の作業性をもっているため、その耐候性などの物性が確認されれば、超高層建物など、塗替が困難な建物や、海岸地域の環境条件の厳しい場所の構築物に威力を発揮するものと考えられる。

この報告では、常温硬化型弗素樹脂塗料の特性と耐候性について述べるとともに、昭和60年12月に、改修された大阪大林ビルにおける塗替工事の検討のための調査研究と、その概略について述べるものである。

## 2. 常温硬化型弗素樹脂塗料について

弗素樹脂には、各種の形態のものがあるが、従来よりあった弗素樹脂系の塗料としては、弗化ビニリデン樹脂をベースとした熱結晶性弗素樹脂塗料といわれるものである。この塗料は、常温では、有機溶剤に溶けないためディスページョンの形態であって、250°C程度で焼付けることにより硬化させている。特徴は、極めて優れた耐候性、耐汚染性があり、また、耐食性、耐薬品性も他塗料より優れている。しかし、塗装方法が焼付けによるために現場施工ができない。また、同じ理由によって塗装下地が限定され、コンクリートなどの下地には適用できない。現場のタッチアップも困難で、塗替時の問題点も指摘される。常温硬化型弗素樹脂塗料は、これらの欠点を解決すべく開発された塗料で、施工法は、従来の二成分溶剤型塗料と全く変わらない。

この塗料のベースポリマーは、 $(CF_2-CFX-CH_2-\underset{\substack{| \\ OR}}{CH})_n$ なる基本構造を有しており、フロロモノマーとビニルエーテルモノマーとの交互共重合体である。このポリマーは、ビニルエーテル中にOH基をもっており、このOH基が反応の架橋点として機能する。すなわち、この-OHと、硬化剤として用いるイソシアネートの-NCOとが反応し、 $-N-CO-$ 結合を生成して網目構造をつくり、 $\underset{|}{H}$ 強靱な塗膜となる。この反応を応用して、二液混合型で常温硬化型の塗料とすることができたものである。

### 2.1. 常温硬化型弗素樹脂塗料の耐候性

常温硬化型弗素樹脂塗料には、乾燥塗膜に高い光沢が得られる、塗装作業性が優れている、塗重ねが可能であるといった特徴も挙げられるが、最大の特徴は、耐候性に優れていることである。

塗膜を屋外に暴露するとき塗面に生じる劣化は、まず光沢の減退として現われ、ついで白亜化が起こる。これらの劣化現象の発生の遅いものが耐候性に優れているわけである。この評価は、実際に塗装される場所で屋外暴露試験をすることが理想的である。図-1は、当技術研究所内の屋外暴露場で、昭和58年11月より2年間、南面、傾斜角度30度で屋外暴露をした結果である。

より耐候性に優れた材料の評価は、屋外暴露試験法では、時間がかかりすぎる欠点がある。これらの劣化要因が、紫外線、水分、温度であることに着目し、サンシャインウェザーメーターによる促進試験が行なわれる。一般に、高分子材料を劣化させる日光の波長は、400nm以下の短波長で、この試験機の200時間の紫外線量は、屋外に1年間暴露したときに受ける紫外線量に相当するといわれている。したがって、短時間で材料の劣化過程

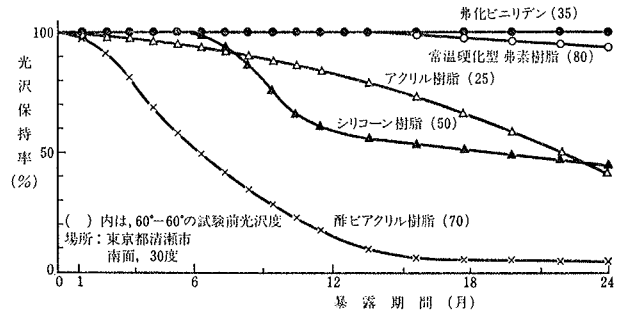


図-1 各種塗料の屋外暴露試験結果

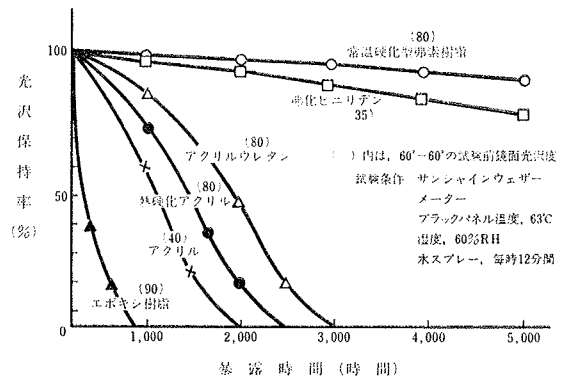


図-2 各種塗料の促進暴露試験結果

を推定できるが、実際の屋外では、その他の劣化要因も関係するため、促進試験時間と、屋外暴露期間は、材料によってその比率が変わることがあるので注意が必要である。

塗膜の劣化は、まず光沢の低下から発生することから試験前の光沢度を100として、各種塗料の促進暴露試験の結果を図-2に示す。この結果より明らかなように、常温硬化型弗素樹脂塗料は、従来の塗料と比較して、極めて優れた耐候性を有しているといえる。

## 3. 大阪大林ビル外装PCパネルの塗替の検討

大阪大林ビルは、昭和48年1月に竣工し既に12年以上を経て、外装PCパネルに塗布されたアクリル樹脂クリヤー塗膜の劣化が目立っていた。(写真-1) 塗装替は、ただ建物の美観を保つだけでなく、また耐用年数を延ばすうえでも適切な時期に行なうことが重要である。また塗替は、新築時の塗装と違って、旧塗膜や下地の条件、建物環境、予算その他、数多くの要因を考慮して最適塗装系を選択しなければならない。当建物の塗替については昭和58年から検討がなされていたが、最終的な結論にはいたらず、耐候性に優れた常温硬化型弗素樹脂塗料による塗替が適切であるか検討することとなった。

### 3.1. 大阪大林ビル外装PC部材の調査

塗替工事に先立ち、PCパネル自体の劣化度をチェックしておくことは極めて重要な作業で、この結果をもと

に素地調整や、下地補修の方法を検討することとなる。

今回の調査は、(株) ショックベトン・ジャパンに依頼し、昭和60年7月に、ゴンドラにてすべてのPC部材について、目視および打診により調査を行ない、剝落のおそれのあるものについては、写真撮影後に小片を除去した。

### (1) PC部材の概要

この建物の外装に用いられているPC部材は、大別してはり型部材、柱型部材、コーナー柱型部材の3種類で計1,424枚で構成されており、昭和46年9月～昭和47年6月に製作されたものである。

### (2) 調査結果

PC部材表面に認められたコンクリートのひび割れ、鉄筋露出(錆)、コンクリートの欠け・浮きの三つの異常現象について調査した。異常現象の発生した方位の面別にその比率の多い順に並べると西・南・東・北の順となる。なお、異常現象の発生件数と発生位置の高さには相関性がほとんどないと判断された。

次に異常現象の状況を項目別に述べる。

#### (a) コンクリートのひび割れ

ひび割れの発生原因は、四周をリブで囲まれた薄版部において、コンクリートの乾燥収縮により発生したものと推定されるが、その幅は、0.03mm程度である。通常、黒色コンクリートにおいてひび割れが発生すると、エフロッセンス(白華)が発生し、外観が著しく損われるものであるが、この建物の部材に関しては、表層コンクリート中に防水性の混和剤を混入していたことにより、ひび割れ部において、そのような現象は見当たらなかった。

#### (b) 鉄筋の露出

コンクリートのかぶり厚さが不足していたために、コンクリートの中性化に伴い鉄筋が発錆し、鉄筋の膨張に

伴いコンクリートを押し出し、結果として鉄筋が露出する現象が生ずる。

結果として、当建家でもこの現象は見られたが、露出長さが10cmを超えるものは、南面2階の写真-2に示すものの他1箇所、その他は、わずかなものであった。なお、鉄筋露出部においても、錆がPC部材の表面に流れ出て汚染を生じているような箇所はなかった。

#### (c) コンクリートの欠け・浮き

今回の調査において、異常現象の発生件数として最も多かったのは、このコンクリートの欠け・浮きであった。このうち、東西南北の各面のコーナー柱型部材に発生している件数は、この項目の発生件数の中の約半分(47.5%)を占めていた。この現象の典型的なパターンは、写真-3に示されているもので、白く見えているものが、ゴンドラガイドレールのアンカー部である。この部分のコンクリートのかぶり厚さは、15mmであり、温度膨張もしくは衝撃などで表面のコンクリートを押し出し、欠けにつながったものと判断される。

### (3) PC部材の補修方法

#### (a) コンクリートのひび割れ

ひび割れ幅は、0.03mmと小さく、樹脂注入も不可能であり、補修は行なわない。

#### (b) 鉄筋の露出

写真-2に示した南面2階はり型部材にあるものは、①露出している鉄筋面の錆をワイヤーブラシを用いて除去する。②鉄筋面にエポキシ樹脂系接着剤を塗布する。③アクリル樹脂モルタルを塗り込み表面を粗面状にする。これは、塗装時に塗料の吸い込みの差によるツヤムラを防止する目的であり、それ以外の位置では、①、②の工程で実施する。

#### (c) コンクリートの欠け・浮き

欠けた部分を充填した場合、後の剝落の危険性などを考慮して破片を除去するのみにとどめ、それに伴って、鉄筋もしくは、ゴンドラガイドレールのアンカー部が露出しない限り補修は行なわな

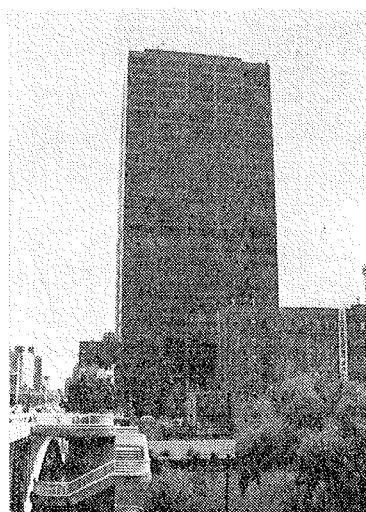


写真-1 改修前の大阪大林ビル(昭60.5撮影)



写真-2 鉄筋の露出



写真-3 コンクリートの欠け

いこととした。

### 3.2. 外装 PC 部材の塗膜の現状調査

大阪大林ビルに使用されたものと同じ外装 PC パネル 2 枚が、(株)ショックベトン・ジャパン川越工場に暴露されており、これにより塗膜の現状調査を実施した。その結果、目視調査では、光沢は全くなく、表面に塗装されたアクリル樹脂クリヤー塗料のチョーキングによる白濁が顕著で、混入されている黒い骨材は表面から認められず、グレー色の普通コンクリートによる PC 板状に見える。粘着テープによる付着力試験を実施したが、テープに骨材が付着しており、長期の温冷繰り返しによる熱応力の影響で、母材表層に強度低下を起しているものと推定された。さらに、有機溶剤によるラビングテストも実施した。劣化してチョーキングを起したアクリル樹脂クリヤーは、溶剤によって溶解し、活膜となって透明度が上がることも確認された。ワイヤーブラシによるケレンでは、凸部の塗膜は、固くなっているために比較的簡単に除去できるが、凹部では、困難であることがわかった。

### 3.3. 要求される性能

当建物の外装 PC パネルの当初仕様では、PC パネルの表層コンクリート(仕上げ面)には、黒色カラーセメントおよび浮金砕石(福島県産、斑れい岩)を用い、さらに表面を酸洗い仕上げすることにより、テクスチャーと色彩を出しているが、その表面保護の目的で、アクリル樹脂クリヤー(#6000, 神東塗料)3回塗装が施工されている。このように、下地でテクスチャーと色彩を表現しているために、クリヤー塗装による塗替も検討されたが、下地の状況、耐久性などを勘案して、エナメル塗料による塗替が適当と判断した。

一般的に、塗替による塗装工事では、劣化した旧塗膜は、完全に除去することが必要であるとされている。すなわち、旧塗膜の除去などの下地処理が、塗替後の耐久性を決めるポイントの一つとなっているからである。しかし、今回の PC パネルでは、コンクリート表面を酸洗いによって、テクスチャーを表現しており、これを変換することは好ましくないためケレン棒などによる旧塗膜の完全な除去が不可能であると考えねばならない。

大阪大林ビル外装 PC パネルの塗替工事で要求される性能で重要な点は、次の三点である。

- (1) 塗膜の耐候性が優れていること。
- (2) 旧塗膜との付着性が優れていること。
- (3) 現場での施工性に優れていること。

現場での施工上の制約条件(無足場施工、塗料の飛散防止など)を考慮すると、ローラー塗装が可能なが要求される。

## 4. 塗替塗料の選択

上記の要求性能から、現場施工が可能で耐候性が最も優れた塗料は現在のところ常温硬化型弗素樹脂塗料であることは図一2からも明らかである。この常温硬化型弗素樹脂塗料は、数社から市販されているが、これらは、プライマーも含めた塗装システムは同じではない。これらを比較して今回の塗替工事に最も適当な塗料を選択するために付着性の確認試験を行なった。

### 4.1. 温冷繰り返し条件による付着性の確認

常温硬化型弗素樹脂塗料として、4社6仕様について温冷繰り返しによる熱劣化を受けた場合の付着性状の変化について確認した。

供試体の作製は、大阪大林ビルの外装 PC パネルに類似したコンクリート板に、各社の仕様に従って塗料を塗布して行なった。この供試体を恒温槽内に入れ、図一3に示すサイクルで温冷繰り返しを30サイクル行なった。5サイクル(60時間)ごとに図一4に示す要領で、カッターナイフを用い塗膜に1cm格子状(井)に切れ目を入れ、粘着テープを圧着後、斜め45°の角度で瞬間的に引きはがし、塗膜の付着性試験を行なった。試験後の評価は表一1に準じて行なった。

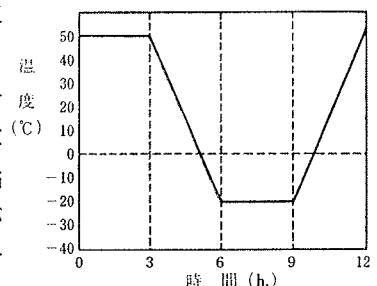
### 4.2. 促進暴露条件による付着性の確認

この試験では、スレート板表面に、紫外線その他の化学的劣化を受けたアクリルクリヤー塗装された下地を作製し、これに各社の仕様に従って塗料を塗布して供試体とした。この供試体について、サンシャインウェザーメーターによって1,000時間、促進暴露試験を行なった。250時間ごとに図一4に示す方法で付着試験を行ない剝離状況の評価を行なった。その際に、変退色(色差 $\Delta E$ )および光沢保持率(Gloss)についても SM カラーコンピュータ(スガ試験機)により測定を行なった。

### 4.3. 施工要領書の作成

付着性試験の結果、プライマーの種類を検討すれば、常温硬化型弗素樹脂塗料は、十分な付着性を示すことが確認されたため、その結果からライフロン#100(アトム化学塗料)を用いることとし、その施工要領を表一2のように定めた。特に

下地の水洗・乾燥は、塗膜の密着性に影響を及ぼすので十分に行ない、乾燥した下地に粘着テープを貼って剝がした時に、劣化した骨材がテープに付着しないことを確認してか



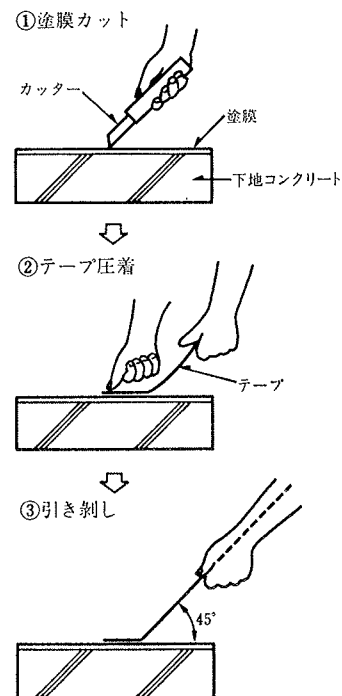
図一3 温冷繰り返し条件 (1サイクル)

試験後の状態				
	剥離なし	幅 2 mm未満の剥離	幅 2 mm以上の剥離	全面剥離
評価	○	△	△	×

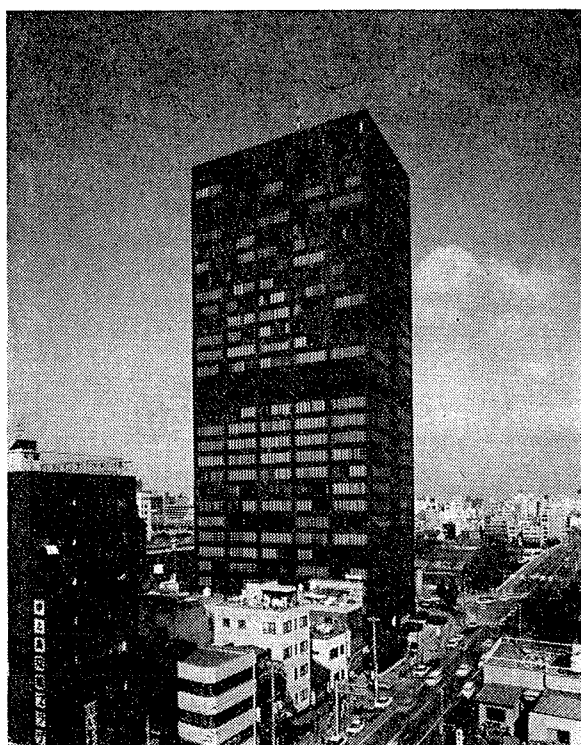
表一1 粘着テープによる付着性試験の評価基準

工程	材料名	混合割合	塗装方法	塗布量 (kg/m <sup>2</sup> )	塗装間隔 (20℃)
下地処理	(1) 加圧水洗して、劣化した素地・旧塗膜・汚れの除去を確認する (2) 素地の十分な乾燥を確認する				
下塗り	ライフロン#100 プライマー	主 剤：硬化剤 1 : 1 可使時間(20℃) 8時間以内	合成シンナーNo.6 で20~25%希釈 して中毛ローラ ーで塗装する。	0.20 ) 0.22	4時間以上 7日間以内
中塗り	ライフロン#100 中塗り 艶有り	主 剤：硬化剤 9 : 1 可使時間(20℃) 8時間以内	ライフロン#100 シンナーで10~ 15%希釈して、 中毛ローラーで 塗装する。	0.18 ) 0.20	8時間以上 7日間以内
上塗り	ライフロン#100 上塗り 艶消し	同 上	ライフロン#100 シンナーで15~ 20%希釈して、 中毛ローラーで 塗装する。	0.16 ) 0.17	—

表一2 PCパネル下地の塗装要領書



図一4 粘着テープによる付着性試験要領



写真一4 塗替工事の完了した大阪大林ビル (昭61. 1撮影)

ら、塗装工事を行なうこととした。

### 5. おわりに

弗素樹脂は、耐久性は優れているが、接着が困難であるといった概念があったが、この常温硬化型弗素樹脂塗料は、プライマーの選択を誤まらなければそれほど問題もなさそうであった。ただし、新しい下地の場合には、プライマーの検討のために確認試験が必要であると思われる。大阪大林ビルは、写真一4に示すように、昭和60年12月22日に塗替改修工事が完了した。供試体の作製からPC板の調査を担当していただいた(株)ショックベトン・ジャパン、塗替工事の調査と工事に、多大な御協力と御指導をいただいた、本店サービスセンター、本町工事事務所の皆様に深く感謝いたします。