

## 樹脂類の硬化状態と施工上の判断

### ■はじめに

連続繊維補修補強工法に用いる樹脂類には、含浸接着樹脂をはじめ断面修復材、プライマー、下地調整剤等が用いられている。これら樹脂の硬化状態については、施工の適正性評価のほか、次工程の着手が可能か否かを判断するうえでたいへん重要な指標となっている。一般社団法人 繊維補修補強協会の発行する研修会用テキストでは、対象とする樹脂は主としてエポキシ樹脂系とメタクリル樹脂系としているが、硬化状態について以下の表記を用いているので、改めて硬化状態について確認する。

### ■硬化状態の表記とその背景

現在のテキスト（第17版）では硬化状態の表記として以下の3段階を使用している。

- ①指触硬化：手で触れて指紋が付かない程度
- ②初期硬化：軽く爪をたてても爪痕が残らない程度
- ③完全硬化：爪をたてても跡が付かない程度

連続繊維補強工法で用いる樹脂類の硬化状態については、JIS等での規格化された表記は示されていないことから、JIS K 5500-2000「塗料用語」において用いられている表記に準じた表現となっている。ただし塗料では、硬化ではなく「乾燥」の状態としての表記となっている。（JIS K 6800-1985「接着剤用語」では、「硬化」の解説はあるが、硬化過程の状態を表す用語は示されていない。JIS K 6900-1994「プラスチック用語」、JIS K 7010-1995「強化プラスチック用語」も同様である。）

ちなみに、JIS K 5500-2000「塗料用語」では、乾燥時間（drying time）とは、「塗料が乾燥（液体から固体に変化する過程の総称）するのに必要な時間」と定義されている。

乾燥性の評価試験では、規定される条件下で、規定の時間経過した後、塗膜の乾燥状態を評価することになる。乾燥の状態には、指触乾燥、半硬化乾燥、硬化乾燥、表面乾燥などの区分があり、以下の解説が示されている。

3207 指触乾燥：塗った面の中央に触れてみて、試料で指先が汚れない状態（set-to-touch）になったときをいう。[JIS K 5600-1-1 参照]

3212 半硬化乾燥：塗った面の中央を指先でかくこすってみて塗面にすり跡が付かない状態（dry to touch）になったときをいう。[JIS K 5600-1-1 参照]

3213 表面乾燥（上乾き）：上乾きは、塗った塗料の層が、表面だけが乾燥状態になり、下層は軟らかく粘性があって未乾燥状態にあることをいう。水平に置いた試験片の塗面に、規定量のバロチニ（細かいガラス球）を指定の高さから落とし、10秒後に試験片を傾けて、軽くはけではいて塗膜の表面にきずを付けずに、バロチニを除去できる乾燥状態をいう。[JIS K 5600-3-2 参照]

3206 硬化乾燥：塗膜の表面は乾燥しているが、塗膜の大部分は、まだ軟らかいといった状態ではなく、塗膜の厚さ全体を通じて乾燥している状態（through dry）をいう。

a) 試験片の中央を親指と人指し指とで強く挟んでみて、塗面に指紋によるへこみが付かず、塗膜の動きが感じられず、また、

塗面を指先で急速に繰り返してこすってみて、すり跡が付かない状態（dry-hard）になることをいう。[JIS K 5600-1-1 参照]  
b) 規定の試験機を用いて、水平に置いた塗料又は関連製品の一回塗り又は多層塗り塗装系の塗面に、規定のガーゼを置き、その上に規定された荷重を規定時間かけてから、90度のねじれを与えたとき、塗膜の表面にガーゼの跡が残らず、塗膜に損傷が認められない場合、その乾燥状態を硬化乾燥状態（through dry state）にあるという。[JIS K 5600-3-3 参照]

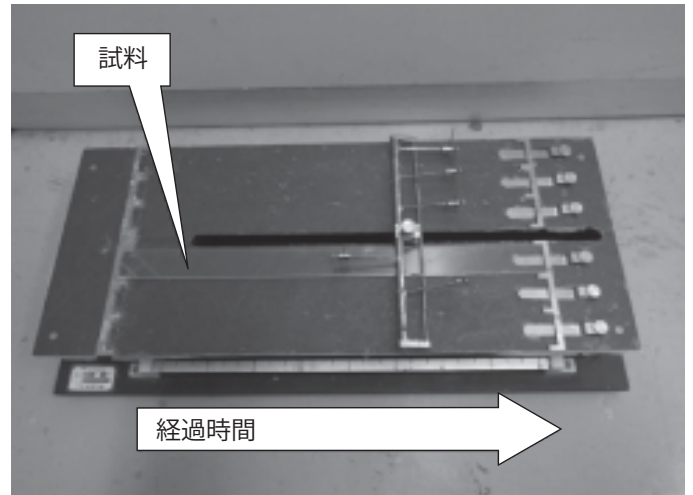


写真1 塗料の硬化試験方法の例

（RCI式ドライングレコーダー：ガラス板上に塗布した試料上を任意の時間をかけて鋼針でひっかけ、その軌道を観測して乾燥時間を測定する）

いずれも「どの程度固まっているか」を表しているが、非常に微妙な差となっている。エポキシ樹脂の場合は①から③までの時間がそれぞれ長い（初期硬化まで、20℃で12時間～24時間程度）ので、ある程度の時間差による状態の差は確認できるが、アクリル樹脂の場合、基本的には速硬化（初期硬化まで、30分～3時間程度）なので、状態の差を確認できる時間は非常に短くなる。

また、アクリル樹脂は使用方法によって硬化時間を調整しているので、数分で強度が発現する製品の場合、それぞれの状態に至る時間は「指触硬化」≒「初期硬化」≒「完全硬化」≒「実用強度」となる場合がある。

連続繊維補強工法に用いる場合のように、面に塗布する場合は、施工上の必要性から硬化を遅くして可使用時間を確保する必要があるため、「指触硬化」≒「初期硬化」≒「完全硬化」≒「実用強度」となる場合も考えられる。

### ■硬化状態の表記とその背景

連続繊維補強工法の実際の施工においては、

- ・次工程の材料を塗布しても混ざらない
- ・完全硬化することが確認できている（容器にある程度材料が残っていれば確認できる）
- ・次工程が複数層施工の場合、脱泡作業ができるといった硬化状態であれば次工程に進めると考えてよい。

判断基準で考えると「完全硬化」が解りやすいが、「流動しなければよい＝固まっていればよい」と考えると「指触硬化」状態

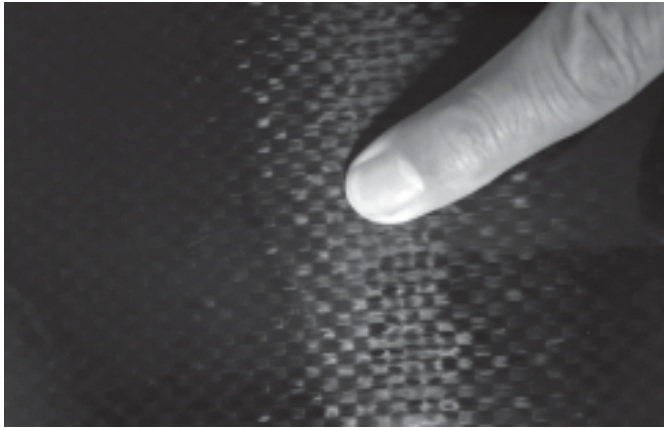


写真2 指触硬化の判断（指で触った状態での判断）

でも十分ではないかと判断される。また、「指触硬化」の判定基準も、「指で触って材料が付かない（転着しない）」と定義した方が解りやすいかも知れない。

さらに、連続繊維補強工法では、施工上の利便性のほか、含浸接着樹脂硬化後の連続繊維補強材としての強度を確保する必要があるため、完全硬化の状態に達した場合に実用強度に達した状態であると判断することになる。この完全硬化に達するまでの期間に対しては、JIS A 1191-2004（コンクリート補強用連続繊維シートの引張試験方法）では、引張試験に至る養生期間について、次の様に記載されている。

「養生期間は20℃で1週間（7日間）程度が一般的であるが、施工条件として5～35℃が考えられるので、そのときの温度条件に合った養生期間をとる。特別な施工条件及び使用環境で用いる場合には、その施工条件及び使用環境を考慮して、養生期間及び養生温度を変更してもよい。ただし、その場合には、試験結果に養生方法を明確に記述しなければならない。」

従って、特段の確認がなされていない限りは、通常は1週養生で所定の強度を発揮していると判断される。

## ■終わりに

本稿では、連続繊維補修・補強工法の施工工程の判断指針となる樹脂類の硬化状態について記載しました。硬化状態と施工の判断をよく理解して、間違いのない施工を進めてください。本稿の記載にあたっては、教育研修専門委員会・伊藤秀治委員（コニシ株式会社）のご協力をいただきました。