

連続繊維補強工法におけるプライマーと施工上の留意点

今回は、前回の断面修復工法に続いて施工されるプライマーについて、その役割、施工上の留意点等を紹介いたします。

1. プライマーとは

プライマーの語源は最初(primary)に塗ることからきています。連続繊維補強工法において使用する材料のなかで最初に使用する材料です。プライマーは下地（この場合コンクリート）へ浸透することで表面を強化させ、次に施工される材料（下地調整材／連続繊維補強材）を強固に接着させることを目的として使用します。

連続繊維補強工法におけるプライマーの種類は原材料の成分として、エポキシ樹脂系とメタクリル樹脂系の2種類があります。

それぞれ使用方法、特徴など異なりますがプライマーとしての要求性能は同じです。

2. プライマーの要求性能

プライマーに要求される主な性能は以下の通りです。

- ①含浸性能：コンクリートに浸透し、表面強度を向上させること。
- ②接着性能：コンクリートとの接着性に優れること。
- ③塗継ぎ性能：次に施工される材料との接着性に優れること。
- ④耐水・耐薬品性能：耐水性・耐アルカリ性に優れること。

①含浸性能

一般的にプライマーは低粘度(100～1000mPa・s以下)となっており、コンクリートに浸透するように調整されています。また、より浸透しやすいタイプとして溶剤を含んだ製品も製造されています。このようにプライマーは粘度を低くしているため、塗布量は0.1～0.3kg/m²と他の材料に比べ少なく設定されています。

施工に際しては対象となるコンクリートの表面状態によってプライマーの使用量が異なります。コンクリート内部への浸透が多い場合プライマーを追加する必要があります。コンクリート内部への浸透が少ないコンクリートの場合、規定量を塗布するとダレや樹脂溜まりが発生しますので、逆に塗布量を下限値に設定する必要があります。

②接着性能

連続繊維補強工法で用いられるプライマーはエポキシ樹脂系とメタクリル樹脂系の2種類がありますが、これらの材料は接着剤の原料としても用いられており、様々な材質に対して接着性を有し、特にコンクリートに対しては優れた接着性を示します。また、どちらのプライマーも湿潤したコンクリートに対して接着可能なタイプも製造されていますが、その性能には限界がありますので基本的に下地コンクリートは乾燥している状態が望ましく、(一財)日本建築防災協会より発行されている「連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計・施工指針：2010年改定版」ではプライマー塗布時の下地コンクリートの表面含水率は8%以下と規定されています。

③塗継ぎ性能

プライマーの要求性能として下地コンクリートへの接着もさることながら次に塗布される材料（通常は下地調整材）との接着性能が重要です。連続繊維補強工法で使用する材料は各メーカー毎にプライマーから含浸接着剤まで一連の材料として各材料同士の接着性能を確認しています。しかしながら、使用環境や養生条件によっては塗継ぎ性能が低下する恐れがあります。以下にその代表的な例を示します。

- ・養生時の結露による表面の硬化不良（エポキシ樹脂の場合、白化・アミンブラッシングが発生する恐れがある）
- ・次工程時の表面結露
- ・塗継ぎ可能時間の超過
- ・ほこり、油分などの接着阻害物の付着

このような現象が確認された場合は、サンドペーパーで表面を目荒らしする、溶剤清掃などの対策がありますが、状況により処理方法が異なりますのでメーカーに問い合わせた上で処置方法を決定してください。

また、エポキシ樹脂にメタクリル樹脂、メタクリル樹脂にエポキシ樹脂など異種材料の塗継ぎは接着不良・硬化不良（特にエポキシ樹脂の後にメタクリル樹脂を塗布すると反応阻害でメタクリル樹脂が硬化しない場合があります）の原因となりますので行わないでください。

④耐水・耐薬品性能

プライマーは直接コンクリートと接触するため、耐水性能および耐アルカリ性能が要求されています。エポキシ樹脂、メタクリル樹脂はともに三次元架橋する樹脂であり、分子構造的にも耐水性・耐アルカリ性に優れています。

以上の要求性能に対して十分な性能を有しているか否かを判断する基準としていくつか製品規格が規定されています。表1および表2に代表的な製品規格を示します。

表1 エポキシ樹脂系プライマーの品質基準 ※1

試験項目	単位	試験条件	基準値	試験方法
外観	-	-	異常のないこと	JIS K6833-1:2008
可使時間	分	23°C	メーカーの規格値による	JIS K5600-2-6:1999
塗り継ぎ可能時間	分	23°C	メーカーの規格値による	JIS A6916:2000
接着強さ	標準	N/mm ²	23°C 7日	下地破壊または1.5以上
	乾湿・水中浸漬繰り返し		標準養生後、23°C水中4h、60°C65%空気中20hを1サイクルとして4サイクル	下地破壊または1.2以上
	アルカリ水中浸漬		23°C飽和水酸化カルシウム溶液中48h	下地破壊または1.2以上

表2 メタクリル樹脂系プライマーの品質基準 ※ 1

試験項目	単位	試験条件	基準値	試験方法
外観	-	-	異常のないこと	JIS K6833-1: 2008
比重	-	23°C	メーカーの規格値による	JIS K6833-1: 2008
粘度	Pa・s	23°C	メーカーの規格値による	JIS A6916: 2000
硬化時間	分	23°C	メーカーの規格値による	JIS A6916: 2000
接着強さ	標準	N/mm ²	23°C 7日	JIS A5548: 2003 に準拠
	乾湿・水中浸漬繰り返し		標準養生後、23°C 水中 4h、60°C 65% 空気中 20h を 1 サイクルとして 4 サイクル	
	アルカリ水中浸漬		23°C飽和水酸化カルシウム溶液中 48h	

3. エポキシ樹脂プライマーとメタクリル樹脂プライマーの特徴

連続繊維補強工法において樹脂系下地調整材に先だって用いるプライマーには、エポキシ樹脂系とメタクリル樹脂系があり、施工条件並びに特徴に応じて正しく使い分けする必要があります。

エポキシ樹脂とメタクリル樹脂の一番の違いは反応機構で、エポキシ樹脂は主剤のエポキシ樹脂と硬化剤のアミンが反応して硬化する縮合重合反応であるのに対し、メタクリル樹脂はメタクリルモノマーまたはアクリルオリゴマーを触媒に用いてラジカル重合させる反応であり、一旦反応が始まると連鎖的に反応するため、エポキシ樹脂に比べ反応速度が速い点です。そのため、一般的なエポキシ樹脂は 20°C 環境下で初期硬化するまで半日～1 日程必要なのに対し、メタクリル樹脂は 1～3 時間で初期硬化します。また、一般的なエポキシ樹脂は 5°C より低い温度では硬化速度が著しく低下するのに対し、メタクリル樹脂は -10°C まで硬化します。ただし、メタクリル樹脂は高温では反応が極端に速くなり異常硬化する場合があります。また、最近では 5°C 以下でも硬化するエポキシ樹脂も開発されていますが、一般的には用いられていません。

他にも、エポキシ樹脂は分子量が大きいため、感温性が高く温度が低下するとともに粘度が高くなってゆきますが、メタクリル樹脂はモノマーやオリゴマーといった低分子を使用していますので、低温下でも粘度が低い特徴があります。しかし、特有の臭気を有しているため、換気などに注意が必要となります。

また、エポキシ樹脂系は主剤と硬化剤が一定の割合で製品化されているのに対し、メタクリル樹脂系はエポキシ系と同様な 2 液タイプ（2 液主剤型メタクリル樹脂）と主剤に対して現場の気温に合わせて硬化剤と促進剤を添加するタイプ（1 液主剤型メタクリル樹脂）の 2 種類があり、後者は配合割合が様々なで現場での調合には十分な注意が必要です。

4. まとめ

連続繊維補強工法におけるプライマーの役割、要求性能、材料の種類による違いに関して概要を記載いたしました。連続繊維補強工法の施工は基本的にプライマーから連続繊維の貼付けまで一連となっています。したがって、材料、製品毎に特徴にあわせて、現場状況に適した材料・工法の選定、適切な施工管理を行うことが重要です。今回の資料が現場の皆様のお役に立てれば幸いです。

※ 1 参考文献

「連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計・施工指針：2010 年改定版」
 (財)日本建築防災協会