

【連続繊維施工管理士及び連続繊維施工士のための連続繊維補強工法研修会用テキスト 2017年改正関連】

厳しい施工環境下（低温、短時間施工等）での使用を目的とした含浸接着樹脂の最近の動向について

■はじめに

連続繊維補強工法において、含浸接着樹脂は連続繊維シートと一体となって連続繊維補強材を構成するたいへん重要な材料である。今般、一般社団法人繊維補修補強協会（以下「協会」）では、低温・短期施工という厳しい施工環境に対応する含浸接着樹脂の利用の現況を把握するため、主要サプライヤーを調査し、二種類の含浸接着樹脂を確認することができたため、研修会用テキストを改訂し2017年版（第16版）として編集したので、その概要と併せて商品事例を紹介する。

■含浸接着樹脂の状況

連続繊維補強材に用いる含浸接着樹脂について、国土交通省 住宅局監修・（一財）日本建築防災協会発行の「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」では、連続繊維補強材としての性能の確認された材料として、含浸接着樹脂にはエポキシ樹脂とメタクリル樹脂が示されている。

含浸接着樹脂最として最も広く用いられているエポキシ樹脂は性能が安定しているたいへん優れた材料であるが、施工環境気温が5℃未満では硬化が十分に進行しないことや、初期硬化時間が20℃でおおむね12～24時間必要とされること等から、寒冷地や冬季の施工では採暖養生が必要になるなど施工上に特別の配慮が必要である。しかしながら、屋外施工が必要な構造物や短工期施工が求められる特に交通関係施設等では、これらの使用条件を充足することが難しい場面も生じている。

メタクリル樹脂は、エポキシ樹脂では対応が難しいこれらの施工環境において利用される含浸接着材であるが、従来のメタクリル樹脂の主剤として用いられている MMA（メチルメタクリレート）モノマーは臭気性の化合物で、使用する場合は作業員や作業環境さらには周辺環境へも注意が必要であること等の課題を持っている。近年の労働安全衛生関連法の改正や特定化学物質障害予防規則の改正等もあり、使用する際の作業環境への一層の対処が必要となるなど、MMAを用いたメタクリル樹脂は含浸接着樹脂としての利用は見られなくなっている。

■調査結果

このような環境にあつて、今回の調査結果では二種類の含浸接着樹脂を確認することができた。

一つは、二液主剤型メタクリル樹脂であり、メタクリル樹脂の従来の規格に準じた製品である。硬化剤等が既調合された二液主剤型であるため、調合等の扱いはエポキシ樹脂に準じて扱いやすいものとなっているが、可使時間や硬化時間が短い等、メタクリル樹脂の通例の取り扱い上の注意や施工上の留意が必要である。

もう一つは、エポキシアクリレート樹脂に分類される製品である。硬化機構はメタクリル樹脂と同じラジカル重合反応によるものであり、形態としては、一液型メタクリル樹脂同様に、主剤・

硬化剤・促進剤などを、施工環境に併せて現場で調合するものとなっている。この分類の含浸接着材と連続繊維シートの組み合わせによる連続繊維補強材は、前記指針では性能が確認された材料としての規定がないので、使用する場合には、設計者・材料メーカーと協議して連続繊維補強材としての性能をよく確認し、適切な設計法・施工法を用いて計画する必要がある。特に、連続繊維補強材の引張強度、接着強度ばかりでなく、重ね継手や曲り部の強度なども重要である。

両材料とも、断面修復材、プライマー、下地調整材等の下地処理には同系列製品を用いる必要があることに注意が必要である。

■商品事例 1. メタクリル樹脂

（ハードロック II: デンカ株式会社）

1) 商品概要と特徴

このアクリル樹脂系接着剤はメタクリル酸の誘導体（アクリルモノマー）やポリマーを主成分とし、酸化剤（重合触媒）と還元剤（重合促進剤）を組み合わせたレドックス触媒により重合して硬化する（これは不飽和ポリエステル樹脂やビニルエステル樹脂と同様の重合反応である）。製品の形態は、酸化剤と還元剤をそれぞれ主剤（アクリルモノマーやポリマー）に加えた二液主剤型となっており、主剤と硬化剤の二液（二剤）からなるエポキシ樹脂やウレタン樹脂と同様の形態で、微量の計量が不要で取り扱い易くなっている。硬化時間の調整は、標準用、夏季用、冬季用の使い分けで行う。

下表にアクリル樹脂の主な特徴を他の種類の樹脂と比較して示す。

樹脂の種類	アクリル (ハードロック II)	不飽和ポリエステル ビニルエステル	エポキシ ウレタン
成分数	2	3	2
配合比	1 : 1	100 : 1 : (0.1 ～ 0.01)	1 : 1 ～ 3 : 1
使用温度 注 1)	-10℃でも硬化	-10℃でも硬化	5℃～
反応速度	ゆるやか～急激 (季節品種注 2 で調整)	急激 (硬化剤により調整)	ゆるやか
可使時間	比較的短い	比較的短い	比較的長い
硬化収縮率	中	大	小

注 1) それぞれ代表的なものを示した

注 2) 標準用（春季または秋季）、夏季用、冬季用

2) 施工上の留意点

① 取り扱い

消防法危険物（主な品種は第4類第3石油類（非水溶性））に該当するため、火気厳禁である。

作業中は耐溶剤性手袋、眼鏡（ゴーグルタイプが最適）、防塵・溶剤マスク等の適切な保護具を必ず着用する。皮膚に付着した

場合は直ちに石鹸で洗い流す。目に入った場合は流水で良くすすぎ落とし、その後医師の診察を受ける。

蒸気が滞留しないように換気を行う。

②硬化・可使用時間

硬化時間の調整は季節品種の選択で行う。二液主剤型で混合比は原則として 1:1 であり、取り扱いと比較的容易である。ただし、可使用時間はエポキシ樹脂に比較すると短いため、練り量などに注意が必要である。

③下地処理

コンクリート表面の洗浄、乾燥、研磨処理、止水処理、段差・欠損部修正を行う。また、表面の結露の有無、水分量、異種材料(エポキシ樹脂等)が既に施工されているか等で施工を避けるべきか管理する。

3) 主な使用実績等

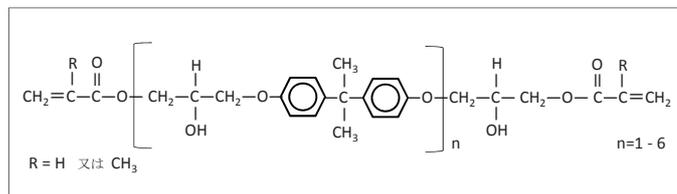
- ・ 民間工場のスラブ、梁の補強
- ・ 鉄道(在来線、新幹線)トンネル・高架橋の補修・補強
- ・ 道路トンネル・高架橋の補修・補強
- ・ 高速道路の橋梁耐震補強工事

■商品事例 2. エポキシアクリレート樹脂

(エポサーム Q: 三菱樹脂インフラテック株式会社)

1) 商品概要と特徴

エポキシ樹脂の分子末端に反応性の不飽和基(ビニル基)を持った主鎖化合物を重合性モノマーに溶解した樹脂で別名エポキシアクリレート樹脂と称する。下図に化学式を示す。



反応形態は、ラジカル反応を利用し、酸化 - 還元反応による常温硬化を用いる。

一般的な配合は主剤 100 重量部に対して硬化剤 1~6 重量部、硬化促進剤 0.5~4 重量部(硬化剤:メチルエチルケトンパーオキシド、硬化促進剤:コバルトの有機酸塩)となる。反応時間は、ゲル化時間 30~60 分、初期硬化時間 2~3 時間となる。

2) 施工上の留意点

- ①配合の手順は主剤を計量後、最初に硬化促進剤を添加、攪拌(2~3分)し、その後硬化剤を添加攪拌する。硬化剤と硬化促進剤を同時に混合すると、急激な発熱による危険性がある。
- ②硬化剤と硬化促進剤の計量には必ず精密計量器(最小計量単位 1g)を使用すること。
- ③ゲル化時間を過ぎると急激に増粘し、取り扱いが不可能となる為、可使用時間はゲル化時間より 10 分短く設定している。可使用時間以内に使用できる量を混合する(通常 3~4kg 程度)。
- ④エポキシ樹脂に比べて引火点が低い為、火気には十分注意すること。

⑤空気中の酸素により表面の硬化が抑制されベタツキ感が残る為、最終層の含浸接着レジン(上塗り)にはワックスを 5 重量部添加し、表面の硬化性を図る。

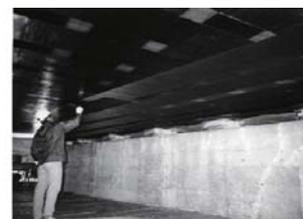
⑥保管等取扱い上の留意点は次のとおり

- a. 樹脂類は高温下で徐々にゲル化が進行するので直射日光を避けて冷暗所で保管する。
- b. 含浸接着レジン用硬化剤は危険物第 5 類第 2 種自己反応性物質の為、輸送温度を 35℃ 以下、貯蔵温度を 30℃ 以下で管理する。
- c. 樹脂の中にスチレンモノマーが配合されているため、作業所だけでなく周辺の臭気対策にも配慮を要する。一部製品には特定化学物質障害予防規則の規制対象となるものがあり、法に準じた取扱いが必要となるなど、独自の技術講習を受けた者が施工する。

3) 主な使用実績等



国道地下埋設構造物の開口部補強



高速道路の跨道橋の下面補強



高速道路トンネルの補強



下水道トンネルの補強