

## UV 硬化アクリル樹脂をマトリックスとする GF RTP の機械的特性に関する研究

日大生産工(院) ○林 海旺 日大生産工(院) 染宮 聖人 日大生産工 平山 紀夫

### 1 緒言

繊維強化熱可塑性樹脂(以下, FRTP)は軽量で耐食性に優れ, 様々な形状に成形できるという特徴を持つことから, 土木・建築分野等の補修・補強材として注目されている<sup>1)2)</sup>. しかしながら, ほとんどのFRTPは, 成形時にプレス機やオートクレーブなどの加圧・加熱が可能な大型の成形設備を必要とする. しかしながら, 橋梁などの大型な構造物に対して, FRTPで補修・補強を行う場合, 現場に大型の成形機を設置することは困難である.

そこで本研究では, 現場で熱源を必要としない硬化方法として, 光硬化触媒を使用して現場で重合が可能な熱可塑性樹脂をマトリックスとするFRTPを提案する. 光硬化触媒を使用して成形では熱可塑性樹脂に紫外線(以下, UV)を照射することによりその場で重合を行うため, 補修する現場に大がかりな成形装置を搬入, 設置する必要がない. 本報告では, 現場重合型熱可塑性樹脂としてアクリル樹脂を選定し, 成形, 硬化時の基本的な条件としてUV照射照度と硬化度の関係を調査した. さらに, 実施に光硬化でGF RTPを成形し, その機械的特性を評価した.

### 2 実験

#### 2.1 供試材

現場重合型熱可塑性樹脂として, アルケマ(株)製のElium591E樹脂を使用し, 熱硬化剤には日油(株)製のパーロイルTCPを使用した. また, 光重合開始剤にはLambson(株)製のSpeedCure BPOを使用した. 一方, 強化材としては, 日東紡績(株)製の平織ガラス繊維織物(WEA22F105BSN)を使用した.

#### 2.2 成形方法

UVで硬化させたElium591E樹脂(以下, UV硬化アクリル樹脂)は, Elium591E樹脂に1wt%の熱硬化剤を調合した後, 3wt%の光重合開始剤を調合した. そして, Elium591E樹脂を型に流し込み, 5mmのガラス板を上を設置した. そして, ガラス板越しにUVランプを照射した後, 120°C×10minで加熱した. GF RTPの成形にはハンドレイアップ法を採用し, 平織ガラス繊維織物にUV硬化アクリル樹脂を十分に含浸させな

から12ply積層した. その後, マトリックス樹脂と同じ条件で成形した. また, 繊維体積含有率 $V_f$ を変化させたGF RTP板を作製するために, 繊維の積層枚数を8plyと4plyに減らし, 12plyの成形手順と同様に成形した.

#### 2.3 UV硬化曲線

UVランプは波長365nmのUVを照射できるシーフォース(株)製のUVランプを使用した. また, UV強度計はケニス(株)製のデジタル紫外線強度計(UV-340A)を使用した. 硬度計は古里精機製作所(株)製のデュロメーター(KR-14A)を使用し, JISK6253に基づき, 成形品の硬度を測定した. 以上の3つの装置を用いて硬度の時間的変化挙動を測定し, UV硬化曲線を作成した.

#### 2.4 静的3点曲げ試験

静的3点曲げ試験機の外観図をFig.1に示す. 樹脂板の試験片寸法はJISK7171に準拠し, 68mm×25mmの矩形に切り出した. 試験速度は1mm/minで5本の曲げ試験を行い, その平均値を実験値とした. 一方で, GF RTPの試験片寸法はJISK7055に準拠し, 試験速度2mm/minで5本の曲げ試験を行い, 平均値を実験値とした.



Fig.1 3-point bending test machine.

### 3 結果

UV 硬化アクリル樹脂と GF RTP に対して, 板厚と光重合開始剤の量を固定して UV 照射照度を変化させたときの UV 硬化曲線を Fig.2 と Fig.3 に示す. Fig.2 からわかるように, UV 硬化アクリル樹脂の硬化速度は UV 照射照度の大きさに比例することが示された. 一方で, UV 照射照度の大きさによって, 最終的な硬度が異なることがわかった. これは UV 照射照度

Research on the mechanical properties of GF RTP using  
UV-curable acrylic resin as a matrix.

Kaiou RIN, Masato SOMEMIYA and Norio HIRAYAMA

と UV の透過力に関係があるためだと考えられる。また、Fig.3 に示すように、繊維体積含有率  $V_f$  を増やすと成形品の硬化速度が遅くなり、GFRTP の裏面は完全に硬化しなかった。このことから、ガラス繊維が UV の透過を妨げることが確認された。

Fig.4 と Fig.5 には、UV 放射照度は  $3000\mu\text{W}/\text{cm}^2$  における UV 硬化アクリル樹脂と GFRTP の UV 照射後の加熱処理での硬化曲線を示す。これらの図からわかるように、加熱処理を行うことで硬度が上昇している。このことから、UV の照射だけでは完全に硬化しなかったと考えられる。したがって、UV を照射した後に加熱する必要がある。また、Fig.6 には 3 点曲げ試験の曲げ応力-曲げひずみ線図を示す。この図に示すように、繊維体積含有率  $V_f$  と GFRTP の曲げ強度には、明確な相関が確認できる。

#### 4 結言

光硬化触媒を使用して現場重合型の熱可塑性アクリル樹脂とそれをマトリックスとする GFRTP を試作し、その曲げ特性を評価した結果、以下の知見が得られた。

- ① UV 硬化アクリル樹脂の硬化速度は UV 照射照度と比例関係にある。そのため、UV 照射照度を高くすることで、透過力が大きくなり、最終的な硬度をあげられると考えられる。
- ② 繊維体積含有率  $V_f$  を高くすると成形品の硬化速度が遅くなり、UV が成形品の裏面までに到達しないことが確認された。したがって、本研究の成形条件下では、 $V_f$  が高い GFRTP に関しては UV を照射した後に加熱する必要がある。
- ③ 繊維体積含有率  $V_f$  と GFRTP の曲げ強度には明確な相関がある。

#### 参考文献

- 1) 宮里 心一, 保倉 篤, 上田 久偉, 高岩 裕也, 熱可塑性 FRP のコンクリート部材への適用検討, コンクリート工学, Vol.58, No.1(2020), pp.94-98.
- 2) 保倉 篤, 宮里 心一, 熱可塑性 FRP ロッドのコンクリート用補強筋への適用可能性の評価, 材料, Vol.69, No.4 (2020), pp.335-342

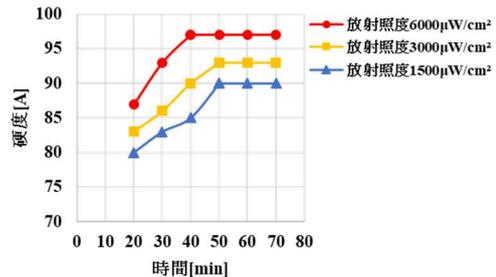


Fig.2 UV curing curve of resin plate under each UV irradiance.

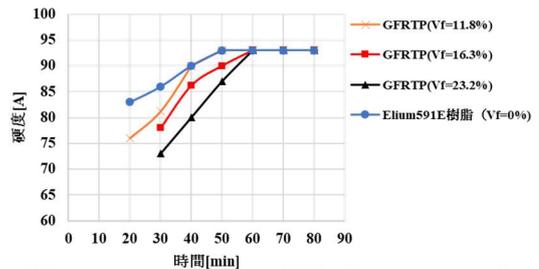


Fig.3 UV curing curve of GFRTP under each fiber volume content.

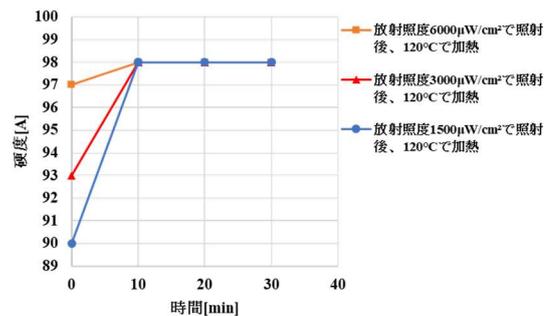


Fig.4 Curing curve in heat treatment after UV irradiation of resin plate.

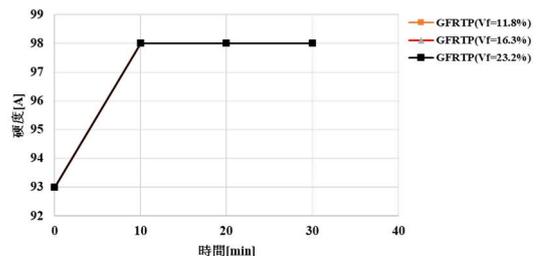


Fig.5 Curing curve in heat treatment after UV irradiation of GFRTP.

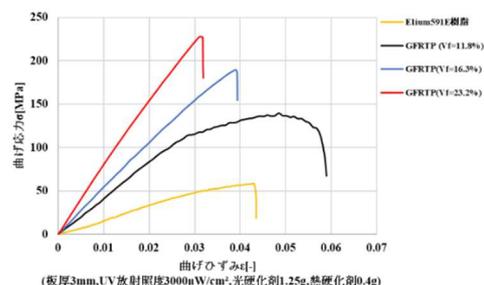


Fig.6 Bending stress-strain curve of each GFRTP and Elium591E.