

V-546

炭素繊維シートの基本的物性

東燃 正会員 田中良典
 東燃 正会員 小林 朗
 東燃 杉山哲也

1. はじめに

炭素繊維を一方向にひき揃えシート状にした炭素繊維シートを用いてRC構造物の補強を行う場合、補強材としての炭素繊維シートの強度、ならびに継手の取り方が設計を行う際の重要な項目となる。また、炭素繊維シートは柔軟であるため、構造物の形状に容易に合わせることが可能であるが、その際、被着面の形状により応力集中が発生する可能性があり、隅角部等大きな凹凸がある場合には角部にRを設ける必要がある。

従って、本実験では炭素繊維シートの引張強度を測定し、炭素繊維シートの母材強度を有効に引き出すための継手長さ、及び隅角部のRの大きさについて検討を行った。

2. 試験概要

試験に用いた炭素繊維シートは表-1に示す高強度、高弾性の2種類のタイプとした。これら2種類の炭素繊維シートを用いて、引張試験、継手強度試験および曲率半径を変化させた場合のR部強度試験を実施した。

表-1 炭素繊維シートの種類

タイプ	使用繊維	繊維目付 g/m ²	設計厚み cm
HT	高強度炭素繊維	200	0.0111
HM1	高弾性炭素繊維	300	0.0165

試験は全て、炭素繊維シートに専用の常温硬化型エポキシ接着樹脂を含浸させ、23℃で7日間以上養生を行った後に実施した。試験片の形状を図-1、図-2に示す。

(a) 引張試験

引張試験片はシートに樹脂を含浸養生後、所定の寸法に切り出し、アルミ製のタブを接着した後、中央部にひずみゲージを貼り付けたものとし、n数は各60とした。

(b) 継手強度試験

継手試験片は、2枚の炭素繊維シートを強化繊維方向に2, 3, 5, 10, 15cm ずつラップさせた硬化板から所定の寸法に切り出した後、アルミ製タブを接着して製作した。試験のn数は各5とした。

(c) R部強度試験

R部強度試験では、炭素繊維シートに接着樹脂を含浸させる際に、R(R=5, 10, 20, 30mm)を設けた鋼板を型として屈曲部にRを持つL字型の幅12.5mmの短冊状のFRP板を製作し、これを試験片とした。

試験は、図-2に示す各曲率半径に応じた円柱を有する治具を製作し、この治具を介して試験片に引張力を作用させた。n数は5とした。

なお、試験は全てインストロン製万能引張試験機を使用し、クロスヘッド速度2mm/minにて行った。

3. 試験結果および考察

(a) 引張試験

各々の炭素繊維シートの引張試験結果を表-2に示す。引張強度・弾性率の算出には、炭素繊維の重量から算出した炭素繊維

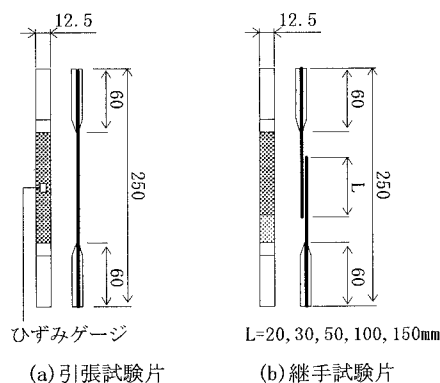


図-1 試験片形状

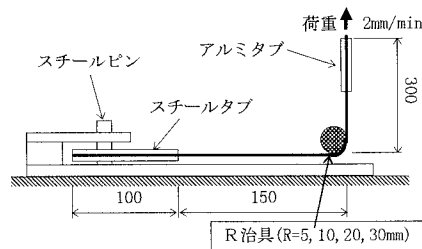


図-2 R部強度試験方法

維シートの設計厚みを用いた。各炭素繊維シートの強度・弾性率はそれぞれ平均で高強度タイプが $43600 \text{ kgf/cm}^2 \cdot 2.45 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 、高弾性タイプが $41100 \text{ kgf/cm}^2 \cdot 3.83 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ となった。

引張強度の分散の様子は、図-3に示すように、各シートとも正規分布にほぼ従っていることが確認された。従って強度を[平均値]- $3 \times$ [標準偏差]以下とすることで、99.85%の期待値が統計的に得られることから、保証強度を各々、高強度タイプ： $35,000 \text{ kgf/cm}^2$ 、高弾性タイプ： $30,000 \text{ kgf/cm}^2$ と設定した。

(b) 継手強度試験

次に、継手長さを変化させた場合の強度の変化の様子を図-3に示す。継手強度は、継手長さに応じて増加したが、ある長さに達すると、一定値に収束する傾向が見られた。これは必要以上に継手長をとっても、継手端部に応力が集中し、この部分の応力状態が支配的となるためであると考えられる。しかしながら、高強度、高弾性タイプとも継手長さ3cm以下では継手部破壊となったが、5cm以上とすることで試験片が母材破壊し、それぞれの保証強度を上回ることが確認された。

(c) R部強度試験

図-4に各曲率半径Rにおける炭素繊維シートの強度を示す。各シートともRが小さい場合には、応力集中によって試験片は保証強度以下で破壊した。破壊は全てR部近傍に於いて発生したが、半径が大きくなるに従い応力集中が緩和されるため破断応力は上昇し、ある半径以上ではほぼ一定の値となった。高強度タイプでは $R = 10 \text{ mm}$ で母材の保証強度 $35,000 \text{ kgf/cm}^2$ を上回った。また高弾性タイプでは内部応力が高くなるためにより大きなRを必要とし、 $R = 20 \text{ mm}$ 以上とすれば保証強度 $30,000 \text{ kgf/cm}^2$ を上回ることがわかった。

4. 結論

2種類の炭素繊維シートの引張試験・継手強度試験・R部強度試験を実施した結果、以下の結論を得た。

- 炭素繊維シートの強度分布は正規分布にほぼ従う。従って、保証強度を[平均値]- $3 \times \sigma$ とすることで99.85%の信頼性が確保できる。
- 継手を有する場合には、継手長さを5cm以上とすることで母材の保証強度を上回る。
- 炭素繊維シートを隅角部に貼り付ける場合には、角部にRを設ける必要があり、その最小曲率半径は高強度タイプで10mm、高弾性タイプでは20mm以上必要である。

表-2 引張試験結果

シート名	強度 kgf/cm^2			弾性率 kgf/cm^2		
	平均値	標準偏差	C. V.	平均値	標準偏差	C. V.
HT	43600	1730	0.043	2.45×10^6	56500	0.025
HM1	41100	2180	0.053	3.83×10^6	222000	0.058

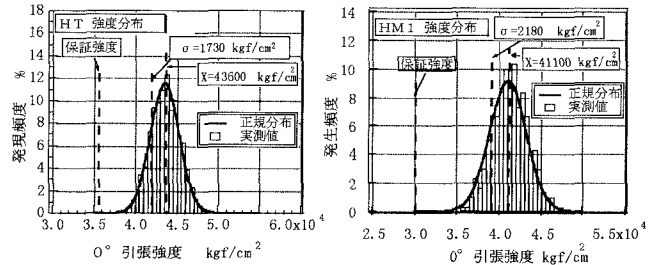


図-3 炭素繊維シートの引張強度分布

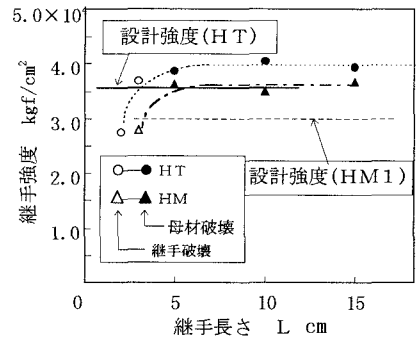


図-4 継手部強度試験結果

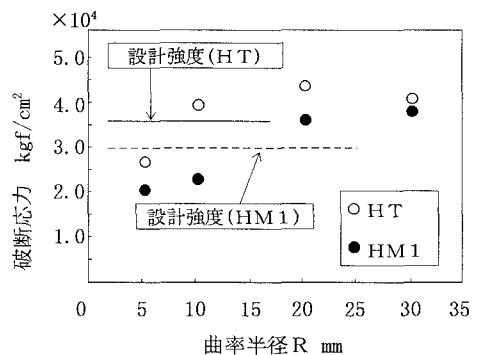


図-5 R部強度試験結果