

ガラス繊維シートの端部仕上げが CFRP 板接着鋼板のはく離荷重に与える影響

大阪大学 正会員 ○石川 敏之 正会員 小村 啓太 正会員 大倉 一郎
 日本国土開発(株) 正会員 横田 季彦 日鉄コンポジット(株) 正会員 斉藤 誠

1. 序論

近年、炭素繊維強化樹脂板(以下、CFRP 板と呼ぶ)による鋼構造物の補修・補強が行われ始めている。CFRP 板を用いた鋼構造物の補修・補強において、CFRP 板の付着端近傍の接着剤に、高いせん断応力すなわち、はく離せん断応力が局所的に生じることにより、CFRP 板がはく離する場合がある。著者らはこれまでに、図-1 に示すような、剛性の小さな繊維シートを鋼板と CFRP 板の間に挿入することにより、はく離せん断応力を低減できることを明らかにした^{1) 2)}。繊維シート挿入工法では、挿入する繊維シートの端を CFRP 板の端と一致させることは困難である。したがって本工法を実橋の補修・補強へ適用するためには、挿入繊維シートの端部仕上げが、はく離荷重に与える影響を明らかにする必要がある。本研究では、挿入繊維シートの端が CFRP 板の端と揃っている場合、CFRP 板の端より 10 mm 外および内にある場合の 3 種類について、挿入繊維シートの端部仕上げが、はく離荷重に与える影響を明らかにする。

2. 試験片

試験片を図-2 に示す。鋼板には厚さ 6.0 mm の SM490 材を用い、挿入繊維シートには厚さ 0.115 mm のガラス繊維シート(以下、GF シートと呼ぶ)を用いた。GF シートおよび CFRP 板の繊維方向が荷重の作用方向と一致するように、鋼板の両面に接着した。所定の剛性を得るために、1 枚の厚さが 2.02 mm の CFRP 板を 3 枚重ねて接着した。図-2 には、ひずみの計測位置も示されている。試験片の種類を図-3 に示す。比較として、GF シート未挿入の試験片も作製した。各種類毎に 3 体の試験片 C を用意した。鋼板、GF シート、CFRP 板および接着剤のヤング率を表-1 に示す。

3. 試験結果

3. 1 鋼板応力

試験片 GCO について、作用応力 σ_{sn} が 100 MPa のときの鋼板に生じる応力 σ_s と CFRP 板付着中央からの距離 x の関係を図-4 に示す。この図には次式で与えられる CFRP 板が接着された鋼板応力の理論値も示されている。

$$\sigma_s = \left\{ \xi_{0g} + (1 - \xi_{0g}) \frac{\cosh(cx)}{\cosh(cl)} \right\} \sigma_{sn} \quad (1)$$

$$\xi_{0g} = 1 / \left\{ 1 + 2E_c t_c / (E_s t_s) + 2E_g t_g / (E_s t_s) \right\} \quad (2)$$

ここに、 E_c と t_c はそれぞれ CFRP 板のヤング率と片面厚さ、 E_s と t_s はそれぞれ鋼板のヤング率と厚さ、 E_g と t_g はそれぞれ GF シ

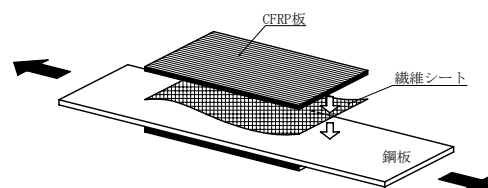


図-1 繊維シートが挿入された CFRP 板接着鋼板

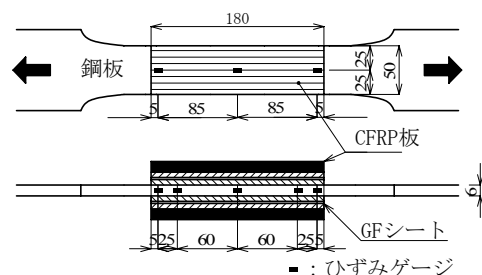


図-2 試験片

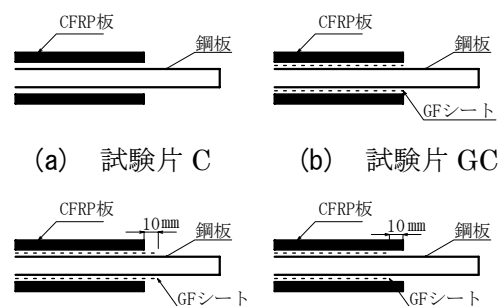


図-3 試験片の種類

表-1 各材料のヤング率[MPa]

鋼材	206.5
CFRP 板(3 層)	138.8
GF シート	120.0
接着剤	2.2

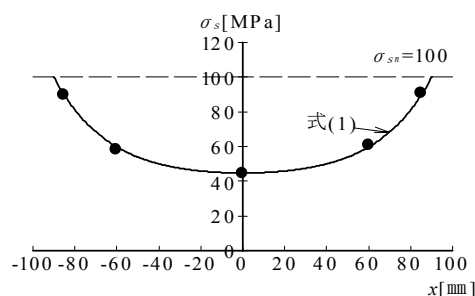


図-4 鋼板の応力分布

キーワード：CFRP 板、ガラス繊維シート、はく離せん断応力、端部仕上げ

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL 06-6879-7618 FAX 06-6879-7621

ートのヤング率と片面厚さである。 l は CFRP 板の付着半長さであり、 c は試験値から算出した。

3. 2 はく離応力

試験片 GCO について、CFRP 板両表面の付着端近傍のひずみの変化を図-5 に示す。これらのひずみの内、黒丸で示される、最初にひずみの値が急激に変化したときの作用応力 σ_{sn} をはく離応力と定義する。全ての試験片において、作用応力が鋼材の降伏応力($\sigma_Y=396.4\text{MPa}$)に達する前に CFRP 板がはく離した。

全ての試験片のはく離応力 σ_{sn} を図-6 に示す。この図から分かるように、試験片 GC の σ_{sn} は大きくばらつき、その平均値は GF シート未挿入の試験片 C と同程度であった。試験片 GCO と GCI の σ_{sn} は、試験片 C のそれよりも、約 1.2 倍高い。 σ_{sn} のばらつきは、試験片 GCO が最も小さい。

3. 3 引張せん断接着強さ

次式から計算される CFRP 板がはく離したときのはく離せん断応力すなわち引張せん断接着強さ τ を図-7 に示す。

$$\tau = ct_s \frac{1 - \xi_{0g}}{2} \tanh(cl) \sigma_{sn} \quad (2)$$

図-7 から分かるように、試験片 C と GCI の τ の値は 23MPa 程度であるが、試験片 GC と GCO の τ の平均値は 18MPa 程度である。このように GF シートの端が CFRP 板の端に揃うあるいは 10 mm 外にある場合、式(2)から算出される引張せん断接着強さは GF シート未挿入の場合より若干小さい。

4. 結論

本研究では以下を明らかにした。

- 1) ガラス繊維シートの端が CFRP 板の端と揃っている場合、はく離応力は大きくばらつき、その平均はガラス繊維シート未挿入の場合と同程度であった。しかし、ガラス繊維シートの端が CFRP 板の端より 10 mm 外あるいは内にある場合、はく離応力がガラス繊維シート未挿入の場合より 1.2 倍高くなる。さらに、ガラス繊維シートが CFRP 板の端より 10 mm 外にある場合は、はく離応力のばらつきが小さい。
- 2) ガラス繊維シートの端が CFRP 板の端に揃うあるいは 10 mm 外にある場合、式(2)から算出される引張せん断接着強さはガラス繊維シート未挿入のそれよりも若干小さい。

以上より、CFRP 板と鋼板の間の電池作用腐食の防止ならびにガラス繊維シートの製作寸法の管理を考えると、ガラス繊維シートの端を CFRP 板の端より 10 mm 外に出すのが良いといえる。

【参考文献】

- 1) 石川敏之, 喜多伸明, 大倉一郎: 繊維シートが挿入された炭素繊維プレート接着鋼板のはく離せん断応力, 構造工学論文集, Vol.52A, pp.1317-1326, 2006.
- 2) 石川敏之, 小村啓太, 大倉一郎: はく離せん断応力を低減させる挿入繊維シートの剛性, 鋼構造年次論文報告集, Vol.14, pp.611-616, 2006.

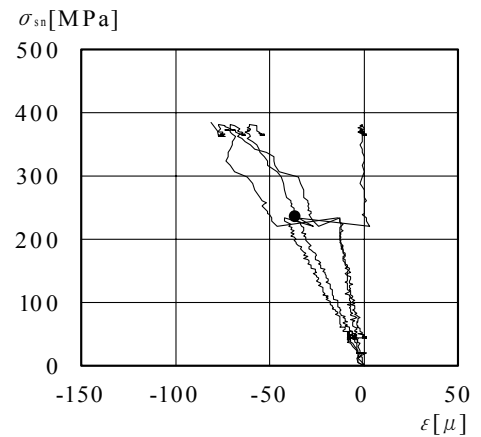


図-5 CFRP 板付着端のひずみ

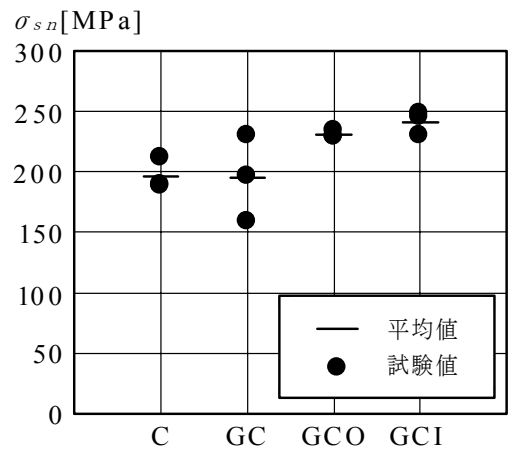


図-6 はく離応力

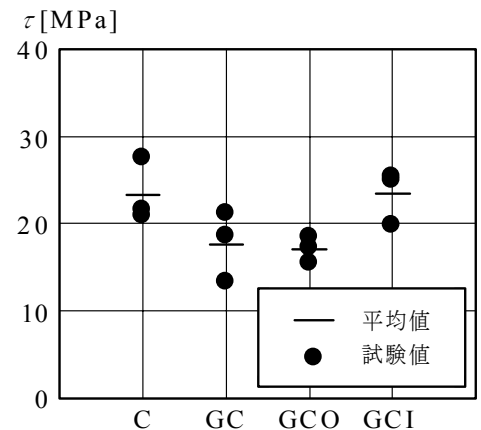


図-7 引張せん断接着強さ