

線膨張係数の異なる鋼材と CFRP 板の低温下における接着特性

山口大学大学院	学生会員	○糸瀬	潤平
株式会社 IHI インフラシステム	正会員	津田	久嗣
山口大学大学院	学生会員	原田	雅也
三菱樹脂株式会社	正会員	久部	修弘
山口大学大学院	正会員	吉武	勇

1. はじめに

鋼構造物の補修・補強において、CFRP 板がしばしば用いられている。しかし、CFRP 板と鋼では線膨張係数が大きく異なることから、両者を接着した場合、温度変化に応じて接着面にすべりやはく離が生じる可能性が考えられる。特に、低温への温度下降過程では、本来引張部材として用いられる CFRP 板に圧縮力が作用するため、その補強効果が不明瞭になる。既往の研究では、低温下における CFRP 板の挙動を調べたものはほとんどみられない。そこで本研究では平形の鋼板および、

表-1 使用材料

	寸法	線膨張係数
鋼板	125 x 9 x 1600 mm	12.3x10 ⁻⁶ /°C
H 鋼	100 x 100 x 1600 mm	
CFRP 板	100 x 2 x 1600 mm	0.30x10 ⁻⁶ /°C

鋼板に比べ軸剛性・曲げ剛性の大きい H 形鋼のはり部材（以下、H 鋼）に対して、エポキシ接着剤で CFRP 板を接着し、低温環境下での強度変化や変形挙動を求め、接着特性を把握することを目的とした。

2. 実験材料および方法

(1) 供試体

本研究では、表-1 に示す鋼板、H鋼、CFRP 板を使用した。鋼部材の補強には高弾性タイプの CFRP 板が多用されるため、本研究ではこれを使用した。エポキシ樹脂接着剤を使用し、厚さ 1mm 程度になるよう塗布した。接着後、常温下において 30 日以上養生した。その後、冷凍庫内に静置し、図-2 の温度履歴を各供試体に与えた。

(2) 鋼板を用いた長期たわみ計測 (試験-1)

図-1 に長期たわみの計測方法を示す。曲げ変形を受ける鋼 I 桁の下フランジ部を模擬するため、はり部材のスパン中央に 300N と 600N の集中荷重を載荷した。たわみは基本高にある鋼棒内の穴に、デプスゲージを挿入し直接測定した。一供試体ごとに 250mm 間隔で計 7 点のたわみ計測点を設けた。さらに、弾性理論に基づく解析値、および完全接着モデルによる FEM 解析値を、比較のため求めた。

(3) H鋼を用いた長期ひずみ計測 (試験-2)

H鋼に CFRP 板を貼り付けた供試体のスパン中央・両端の下フランジ・CFRP 板にひずみゲージを貼り，温度変化によって生じるひずみを計測した。

表-1 使用材料

	寸法	線膨張係数
鋼板	125 x 9 x 1600 mm	12.3x10 ⁻⁶ /℃
H鋼	100 x 100 x 1600 mm	
CFRP 板	100 x 2 x 1600 mm	0.30x10 ⁻⁶ /℃

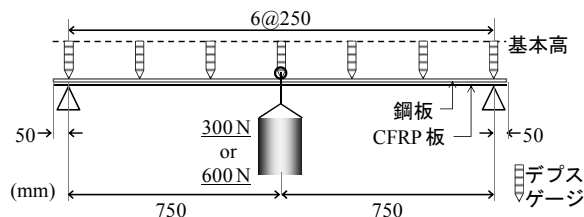


図-1 長期たわみ計測(実験装置)

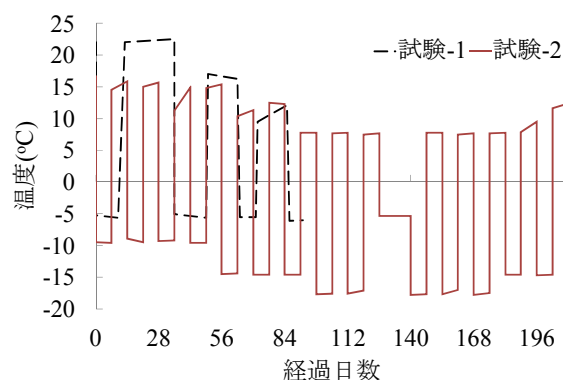


図-2 温度履歴

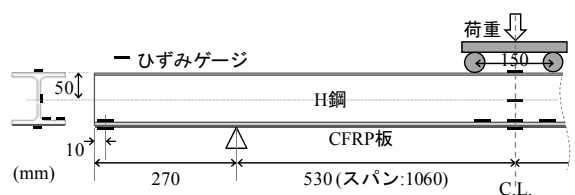


図-3 曲げ載荷試験

キーワード CFRP 板, 線膨張係数, 低温

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9306

(4) 曲げ載荷試験

温度履歴を受けた供試体について暴露期間 0 日, 28 日, 84 日, 168 日において, 2 体ずつ曲げ載荷試験 (図-3) を行うとともに, FEM 解析を実施した。

3. 結果および考察

(1) 長期たわみ・ひずみ計測

長期たわみの測定結果を図-4 に示す。それぞれの図中の凡例は, 作用荷重, 温度, 載荷日数を示している。たわみ分布の結果から, 温度の低下に伴い, たわみが大きく増加した。実験供試体は, CFRP 板 (下面) と鋼板 (上面) の線膨張係数の違いにより, たわみが増加したものとする。また, 理論値と FEM 解析は CFRP 板と鋼板が完全結合と仮定して求めたものであるが, これらが測定値と概ね一致しているため, CFRP 板にはく離が生じていないことが推察される。また, 90 日以上 の載荷期間中たわみは一定の値を示したことから, クリープ変形はほとんどなく, 十分な接着耐力があることが窺える。

H 鋼はりの中央部および端部のひずみを図-5, 図-6 に示す。中央部の図-5 によると, 低温時には H 鋼と CFRP 板のひずみに 50×10^{-6} 程度の差異だが, 端部の図-6 では, より大きいひずみの差異がみられる。これは H 鋼と CFRP 間にずれが生じており, 接着剤であるエポキシ樹脂がせん断変形していると考えられる。しかし, 200 日をを超えても両者のひずみの差が一定であるため, 接着性能にはほとんど影響がないと考える。

(2) 曲げ載荷試験

図-7 は各暴露期間での H 鋼の降伏荷重, H 鋼と CFRP 板のはく離した荷重, CFRP 板の破断荷重を示している。暴露期間によらず, すべての供試体が H 鋼の降伏, CFRP 板のはく離, CFRP 板の破断の過程を経て破壊に至った。また, 冷凍庫内で繰返し温度変化を与えても暴露期間によらず, 曲げ耐力はほぼ一定の値を示した。本研究で実施した常温から低温 (最低 -20°C 程度) の温度変化は, 低温時に H 鋼と CFRP 板の間にひずみ差をもたらすものの, はく離には至らず, 曲げ耐力には影響は小さいものと考えられる。

4. おわりに

長期間, 供試体に温度変化を繰返し与えた場合, 端部と中央部のひずみの差異から, 供試体端部でずれが生じていることが考えられるが, たわみや H 鋼と CFRP 板のひずみの差が一定であることを踏まえると, 接着性能には影響

がないことが考えられる。また, 曲げ載荷試験の結果からも長期におよぶ低温履歴を受けた場合, H 鋼と CFRP 板の間には十分な接着性能が得られ, 曲げ耐力におよぼす影響はほとんどないことがわかった。

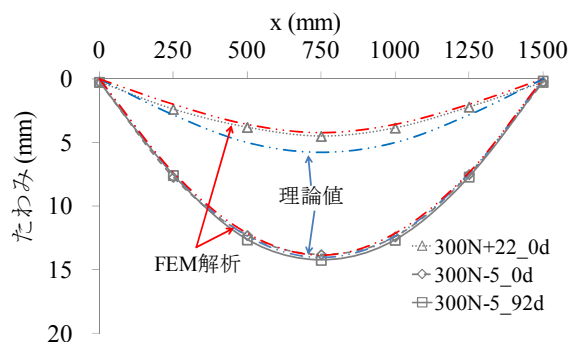


図-4 たわみ分布

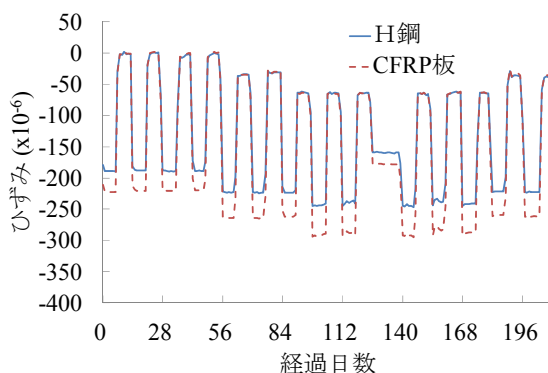


図-5 中央部のひずみ

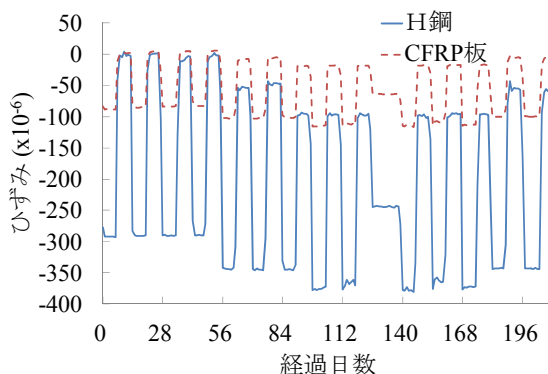


図-6 端部のひずみ

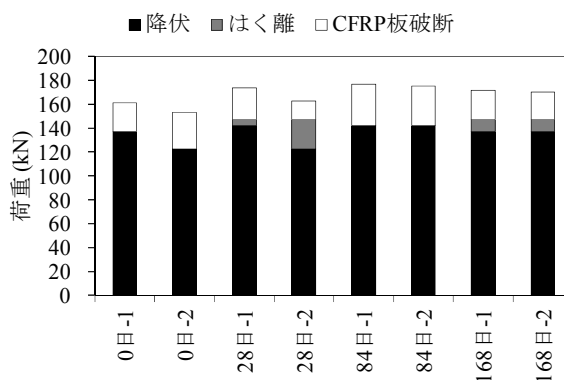


図-7 曲げ耐力