

炭素繊維強化樹脂板を用いた鋼板亀裂補修方法に関する基礎的研究

立命館大学大学院
立命館大学理工学部

学生員
正会員

○上田 耕太郎
野阪 克義

1. はじめに

近年、炭素繊維強化樹脂(CFRP)板を用いた鋼構造物の亀裂補修に関する研究が発表されてきており^{例え 1)}、その効果も実験的に証明されている^{例え 2)}。しかしながら、単にCFRP板を接着するだけでは、亀裂抑制の効果を得ようと思えば、鋼と同等のヤング係数を有するとはいへかなりの断面積のCFRP板を接着する必要がある。

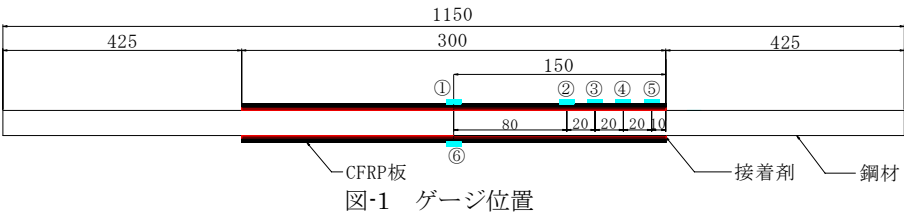
そこで本研究は、CFRP にプレストレスを与えた後に鋼板に接着し、より効果的な亀裂補修方法を検討することを目的として、プレストレス導入装置を用いて接着された CFRP の剥離強度を検証する実験を行った。

2. 実験概要

著者らが開発したプレストレス導入装置を用いて、引張応力を導入したCFRP板を鋼板に接着することにより、鋼板に圧縮応力が導入可能であることを確認できた³⁾。本研究では、鋼材に圧縮応力を導入することで、プレストレスなしでCFRP板を接着した場合と比較し、剥離強度にどの程度違いが生じるか検証するために引張試験を行った。実験

表-1 材料特性

実験値	名称		降伏応力 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	引張り強度 (N/mm ²)
	CFRP	トレカラミネート(東レ) ML520	-	290000	2140
	接着剤	DP460	28.5	2250	34.6
	鋼板	SM570	495	206000	644



に用いた材料の材料特性を表-1 に示す。CFRP板接着鋼板の引張試験では引張応力、圧縮応力の確認にひずみゲージを用いた。ひずみゲージ設置位置を図-1 に示す。図-1 は鋼板の両面にプレストレスが導入されたCFRP板を接着した試験片の側面図である。

供試体製作、および計測の手順は以下の通りである。プレストレス装置を用いてCFRP板にプレストレスを導入する。この際、CFRP板に接着されているひずみゲージでひずみを計測しながら 637×10^{-6} となるまでプレストレスを導入した。 637×10^{-6} という値は、プレストレスが導入されたCFRP板を幅 50mm、厚さ 19mmの鋼材の両面に一枚ずつ貼り付けた際、理論上、鋼材に約 30 N/mm^2 の圧縮応力(ひずみでは -146×10^{-6}) が導入できる値である。

CFRP 板にプレストレスが導入された状態で鋼材の両面に接着し、1 週間かけ接着剤を硬化させた後、装置を取り外し、所定の長さ(300mm)となるように CFRP を切断した。装置を取り外す際、鋼材に圧縮力が導入されているかを確認するため、接着されていたひずみゲージによってひずみ(応力)の変化を計測した。なお、プレストレスを導入した供試体と導入していない供試体が同条件となるよう同じ日に鋼材に接着した。

引張試験はプレストレスありとなしを 1 セットとして 2 セット、万能試験機を用いて 1mm/分の変位を与え、CFRP 板が剥離するまで载荷を続けた。ひずみ、荷重データは 0.1 秒毎に計測した。

3. 実験結果および考察

引張試験の結果を図-2、3 に示す。1 セット目ではCFRP板が剥離する前にひずみゲージが一部剥がれてしまったため、2 セット目のみの結果を載せている。縦軸は応力(N/mm²)、横軸はCFRP板および鋼材のひずみ(10^{-6})である。今回の実験ではプレストレス有無の試験片とも鋼材が降伏する前の弾性域で剥離した。また、図-2、3 より、プレストレスの有無に関係なくCFRP板先端部のひずみから減少しており、剥離は先端部から起こることがわかる。

CFRP板先端部の剥離
応力について、剥離したと思
われる点でのゲージ⑤の値
を読み取ると、プレストレスな
しで、186.0、221.0、203.5
N/mm² (1 セット目, 2 セット
目, 平均)となり、ありで、83.0,
85.0, 84.0 N/mm²(1 セット目,
2 セット目, 平均)であった。
平均値においてプレストレス
ありの剥離応力は、なしの剥
離応力の 41%ほどであっ
た。

表-2 はCFRP板に 637×10^{-6} のひずみを
導入した直後の値、プレストレス装置を取り外
した際のひずみの変化(装置を取り外す直前
の値をゼロとした時の変化量)、引張試験を行
いCFRP板が完全に剥離した際のひずみ、そ
れらの合計を表している。プレストレス装置を取り外す際の
ひずみの変化は1セット目のみで行ったためその値を用い
ている。また、プレストレスを導入していない供試体の
CFRP板の剥離した際のひずみも示す。

図-4は表-2の引張試験後までのひずみの合計(プレス
トレスあり)と引張試験を行い剥離した際のひずみ(プレス
トレスなし)の分布を示したものである。縦軸はCFRP表面の
ひずみ(10^{-6})、横軸はCFRP中央からの距離(mm)である。
理論上、プレストレスによる影響は、プレストレスによる接着
剤に生じるせん断応力分だけ剥離応力が低下することで
表れる。弾性状態を仮定すれば、CFRP板のひずみの変化と接着剤のせん断応力には比例関係があり、図-4 中の両
者がほぼ同じとなるはずである。実験誤差を考慮すれば、今回はほぼ理論どおりとなったといえるが、今後プレストレス
の影響の定量的な把握が課題である。

4. おわりに

本研究では、プレストレス導入による剥離応力の低下を実験的に確認した。実験誤差を考慮すれば、プレストレス
あり供試体におけるプレストレス導入から剥離までの CFRP 板のひずみの変化と、プレストレスなしにおける引張試験の
みの剥離までの変化はほぼ同じとなり、プレストレスによる剥離応力低下がほぼ理論どおりとなることが分かった。

参考文献

1)大倉 一郎, 福井 唯夫, 中村 圭吾, 松上 泰三:炭素繊維シートによる鋼板応力の低下とはく離せん断応力, 土木
学会論文集, No.689/ I -57, 239-249. 2)稲葉 尚文, 富田 芳男, 紫桃 孝一郎, 鈴木 博之, 岡本 陽介:GFRP
シート貼付によるリブ十字溶接継手の補強に関する一提案, 土木学会論文集, Vol. 2005, No. 798, pp.798_89-798_9
9, 2005. 3)上田 耕太郎, 野阪 克義:炭素繊維強化樹脂板を用いた鋼板亀裂補修方法に関する一検討, 平成 19
年度土木学会関西支部年次学術講演会, 2006.

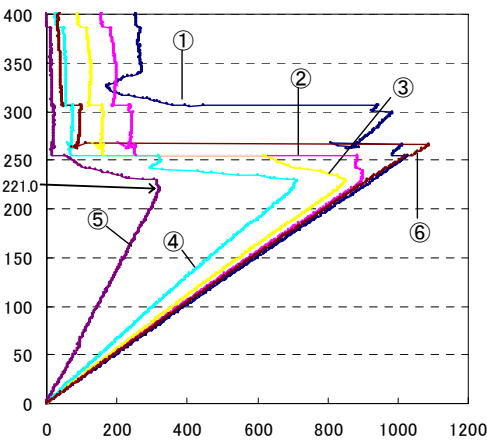


図-2 CFRP 表面のひずみの変化
(プレストレスなし)

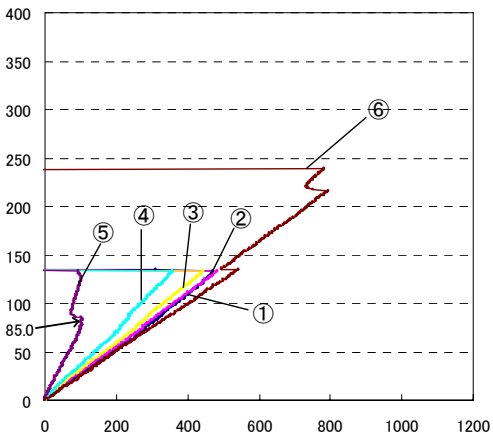


図-3 CFRP 表面のひずみの変化
(プレストレスあり)

表-2 ひずみの変化
プレストレスあり (10⁻⁶)

ゲージ番号	①	②	③	④	⑤
プレストレスをかけた直後のひずみ	627	635	631	629	627
プレストレス装置を取り外した際のひずみの変化	-122	-134	-160	-226	-400
引張試験を行いCFRPが完全に剥離した際のひずみ	320	310	287	235	101
合計	825	811	758	638	328

プレストレスなし

引張試験を行いCFRPが完全に剥離した際のひずみ	930	899	850	704	307
--------------------------	-----	-----	-----	-----	-----

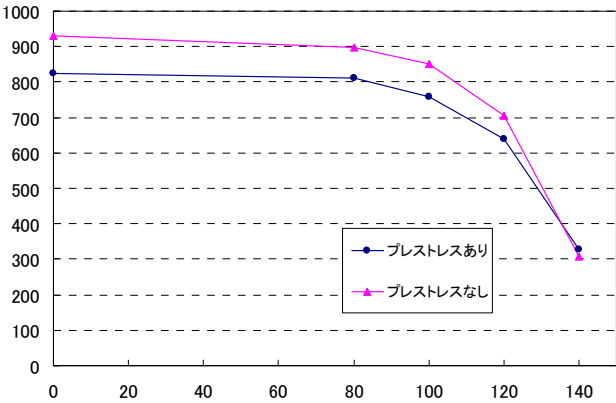


図-4 ひずみの分布