FRP で補強した鋼材の光ファイバセンシング

学生会員	○吉田	安寿
正会員	山田	聖志
正会員	山田	聡
正会員	渡辺	直起
	学生会員 正会員 正会員 正会員	学生会員〇吉田正会員山田正会員山田正会員渡辺

1. はじめに

道路橋等の公共インフラの地震対策として,既存構造部位の補強・補修に先進複合材料(FRP)を利用するこ とが最近注目されている.写真-1は前報¹⁾で行った引張側にFRPプレートを接着補強したH鋼の曲げ試験 体である.本報では,その試験体と同じ材質・板厚の鋼材から切り出した試験体を作成し,その引張載荷実 験を行っている.こうした補強では,補強後に性能が改善されたかどうかをセンシングする必要があり,そ のための合理的な方法の開発が急務となっている.これについて,新しいセンシング技術のひとつである光 ファイバを用いたモニタリング手法が検討されている²⁾.光ファイバは軽量性,微細性から構造モニタリン グ材料として極めて有効な材料である.特に約 0.5µm 間隔でコア部に書き込まれた格子からの回折反射光を 計測して歪の検知をする FBG (fiber Bragg grating)センサは,検出精度,応答性,耐久性などに優れた特性を 有する.本研究では,FRP 利用型の補強・補修に際し,高精度で低コストなセンシング法を確立するため, FBG センサを鋼と FRP 補強材の接着界面に設置してその特性を明らかにすることを目的としている.

2. 片面 FRP 補強鋼材の引張載荷実験

写真-1のように、片面にのみ補強する場合を想定して、図-1に示す ような試験体を作成した. 鋼と FRP を接着する作業工程で、予め接着面 となる鋼面には幅 1mm, 深さ 1mm の正方形溝, FRP 面には深さ 0.3mm 程度の V 形溝を作り、そこに直径約 0.15mm の FBG センサを設置した. FBG センサの設置位置の両表面には、電気式の歪ゲージも貼付した. 実 験は、接着界面に明らかに目視できる程度の亀裂(剥離状態と定義)が 生じたときに終了としたが、その時点で FBG センサによる計測は不能と なった. 尚、実験時は FBG センサから得られる歪値だけでなく、光スペ クトルの推移も観測した.

補強部材には、ガラス繊維 GFRP 板を使用しており、鋼材と FRP 補強 材の接着は、エポキシ系の接着剤(AW106)を用いた. 接着中の養生は室 温が 20℃以上となるように管理した室内で行った. 試験体は3体作成し、 各試験体で FBG センサの貼付位置が異なる. 表-1 に試験体名と FBG センサ貼付位置を示す.

3. 実験結果

荷重-盃関係の理論値と実測値を図-2 に示す. 光スペクトルの出力 例を図-3 に示す. 強制変位を 1mm 与えた場合の平面解析結果を図-4 に示す. この解析は試験体中央から 180mm までとし,弾性とみなして 行っている. このとき,接着層は考えていない簡易的なものである.

図-2(a)から,鋼材表面,FRP 表面で発生している歪が大きく異なる こと,2つのFBG センサが示す歪がほぼ同一の値のままで剥離状態とな ったことがわかる.前者は,片面補強を行うと図心位置が移動し,偏心 曲げが生じる為である.図-2(b)では,歪は剥離状態となる前にFRP 表



写真-1 FRP 補強 H 桁試験体



図-1 試験体寸法

表-1 FBG センサ貼付位置		
試験体名	FBGセンサ貼付位置	
TG61N	なし	
TG62F	試験体中央部	
TG63F	FRP端部付近	

キーワード 光ファイバ, FBG, FRP, 補強, 接着界面 連絡先 〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 豊橋技術科学大学 TEL 0532-44-6849

面の歪ゲージ出力は減少していることや,FRP に設置した FBG センサによる歪値が TG63F の方が TG62F よ り明らかに小さい.これは,接着界面に生じた亀裂によって,鋼と FRP で軸力の分担が変化した為である. TG63F において,実験結果と理論値は,鋼はほぼ同一であるが,FRP では実験値が小さい.これは,FRP に, 応力が完全に伝わっていない為である.図-2(a),(b)より,どちらも 80kN 程度と同一の荷重レベルで剥離 状態になったことがわかる.ピール応力(図-4参照)のように応力集中する部分に FBG センサを設置した TG63F の方が,中央部に FBG センサを設置した TG62F よりも界面を介して貼付した両 FBG センサからの歪 値に顕著な差が載荷の早期から検出されている.図-3(a),(b)より,両試験体とも光スペクトルは実験終了 まで単一ピークを保持しており,センサ設置位置から離れた個所から亀裂が進行したと言える.









図-3 光スペクトル例

4. おわりに

本研究で行った実験では、FBG センサを接着界面に貼付する場合,その設置位置によって計測結果が異なること,片面補強では 偏心曲げの影響が大きいことが明らかとなった. 偏心曲げを避け る為に両面 FRP 補強の試験体での,実験も検討する.

謝辞:実験に際し,福井ファイバーテック・小宮巌博士には GFRP およ び接着剤の提供,豊橋技術科学大学大学院生・斎藤翔氏,同・松本健太 郎氏には実験の遂行に協力を得たことを記し感謝します.

参考文献:1) 山田聡,他:光ファイバを用いた補強部材のモニタリング 試験,土木学会第61年次学術講演会論文集,2006.

2) 山田聖志,他:光ファイバセンサを用いた鋼橋のヘルスモニタリング(その3:FBGセンサの実橋への装着と計測結果),土木学会第60回年次学術講演会論文集,2005.

