

熱可塑性 CFRP グランドアンカー支圧板の力学的特性の評価

京都大学大学院 正会員 ○西田 孝弘, 塩谷 智基, 橋本 勝文, 麻植 久史
 (国研) 物質・材料研究機構 非会員 内藤 公喜
 小松精練(株) 非会員 林 豊, 中山 武俊
 西日本高速道路(株) 正会員 村上 豊和

1. はじめに

近年熱可塑性樹脂を利用した炭素繊維補強プラスチック(CFRP)の製造方法が確立されつつある。これに伴い、製造・加工の効率化、さらにはCFRP材料の経済性の向上に大きな期待が寄せられており、建設分野への利用拡大が進められている¹⁾。このような状況の中、著者らは、作業性、耐久性の観点から利用価値が高いと考えられる熱可塑性樹脂を用いたCFRP製グランドアンカー支圧板の開発を進めている²⁾。本稿では、関連する検討のうち、力学的特性に関する検討結果について報告する。

2. 実験概要

力学的特性を把握する目的で、静的載荷試験を行った。供試体の寸法は320 mm×320 mm×高さ35 mmの平板型であり、供試体中央に現場で緊張材を設置するための穴(φ75 mm)を設けている。CFRPの製造は、チップ状(50 mm)の熱可塑性炭素繊維複合材料をランダムに投入し、240℃に加熱後、100 hPaの真空状態にして、4 MPaの圧力で加圧成形した。本材料(5.5 kg)は従来の鋼材(27 kg)と比較して1/5の質量となるのが最大の特長である。

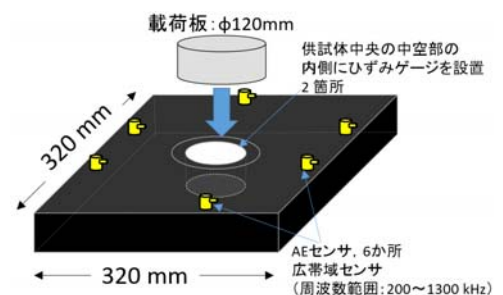


図-1 載荷試験の概要

静的載荷試験は、実際のグランドアンカーの載荷状態を想定し、図-1に示すように、載荷上面はφ120mmの鋼製の載荷板を設置し、下面は全面支持となるように実施した。試験には最大荷重2000 kNの油圧式載荷装置を用いた。計測は、荷重、載荷部での変位、載荷部における支圧板のひずみ、および試験中に生じるAEを対象とした。載荷荷重についてはロードセルにより記録した。載荷部での変位については、載荷底板に対する載荷天板の相対変位により求めた。載荷部における支圧板のひずみは、図-1に示したように、供試体中央に設置した中空部の内側にひずみゲージを2箇所張り付けて計測した。試験中に生じるAEについては、図-1に示した位置に広帯域AEセンサ(周波数帯域:200~1300 kHz)を6か所、高真空グリスを介して設置し計測した。

3. 実験結果

図-2に静的載荷時の応力・荷重と変位の関係を示す。これより応力が170 MPa(荷重:1100kN)程度までは、応力変位曲線にヒステリシスは確認されず、CFRP自体は弾性挙動をしていることが確認できる。一方で、応力が170 MPaを超えたあたりから、ヒステリシス挙動が確認され、200 MPaを超えて以降は、残留変位が大きくなることも見受けられる。同様に図-3は応力とひずみの関係を示している。(a)は載荷応力の時間変化、(b)は載荷応力が170 MPa以下での結果、(c)は載荷応力が170 MPa以上での結果を示している。応力が140 MPa程度の場合(b)には弾性挙動を示しており、この際の弾性係数は20 GPa程度であった。一方、200 MPa付近(c)では、(a)に示すように応力は一定時間保持しているものの、ひずみが急激に低下しており、支圧板での破壊が推察される。試験後の供試体を確認したところ、図-4に示すように、供試体中央の円筒形の穴の内側で剥離した痕跡が確認され、この破壊がひずみの急激な低下につながったものと推察される。

以上の試験中に発生したAEのエネルギーの変化を図-5に結果を示す。これより、応力の増加に伴い計測されるAE数(赤丸)の数が増加していき、かつ高いAEエネルギーのデータが増大することが確認される。特に、

キーワード 熱可塑, CFRP, 支圧板, 力学特性, グランドアンカー

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 C3-b4S16 TEL 075-383-3496

応力が 170 MPa に到達するまでは、発生する AE が少なく、かつその多くは荷重時に確認され、除荷過程においてはほとんど確認されない。一方、応力が 170 MPa に到達後は、計測された AE のエネルギーが大きくなるとともに、除荷過程においても多くの AE が検出されることが確認される。材料の損傷が進むと、除荷に伴う損傷部の擦れから、除荷過程の AE が多く検出されることが知られている。以上より、170 MPa を超えたあたりから内部での損傷が進行したことが考えられる。

上記の剥離の現象を明らかにするため、別の供試体の端部を対象として、デジタルイメージコリレーションにより支圧板の破

壊時の表面ひずみを評価した (図-6)。デジタルイメージコリレーションでは 2 台のカメラで対象領域の斑模様の画像を撮影し、これらの写真の要素間隔の変化から、面内・面外のひずみを計測する技術である。この結果から、画像中の 145 MPa あたりからひずみの集中箇所が確認され、180 MPa では特に水平方向のひずみで高い引張ひずみの領域が確認される。これらの領域でひび割れが発生し、それが連結していく様子が確認されたことから、圧縮力に伴う側方変形から損傷が生じたと考えられる。

4. まとめ

対象とした熱可塑性 CFRP 製グラウンドアンカー支圧板は 170 MPa 以下は損傷がほとんど生じておらず、弾性挙動を示すことが確認された。したがって、170MPa 以下の使用応力であれば、本材料は十分にグラウンドアンカー支圧板としての適用性を有していると考えられた。また、塑性変形や破壊が進行した後も荷重を持ち続けることから、靱性の高い材料と考えられ、グラウンドアンカー支圧板として有利と考えられた。

今後、本材料の長期的な力学挙動や温度依存性を評価するとともに、現場での軸力モニタリング手法を具備することで、信頼性の高い高付加価値材料を提案・実証していく予定である。

参考文献

- 1) 金沢工業大学 COI 研究推進機構ホームページ: <http://www.icc-kit.jp/coi/>
- 2) T. Nishida, T. Shiotani, K. Hashimoto, Y. Hayashi, T. Nakayama, T. Murakami: Development of Innovative FRP Bearing Plate with Optical Fiber Sensing, Proceedings of Innovative Non-destructive Testing for Civil Engineering, Hawaii, 2017.11.

謝辞:

本研究は、文部科学省・科学技術振興機構による COI プログラム「革新材料による次世代インフラシステムの構築～安全・安心で地球と共存できる数世紀社会の実現～」により進められたものである。

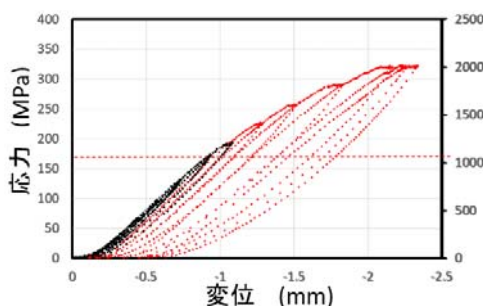


図-2 応力・荷重と変位の関係

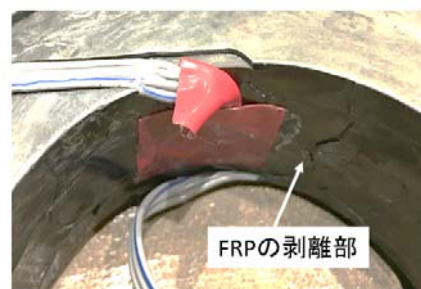


図-4 荷重試験に伴うFRPの剥離

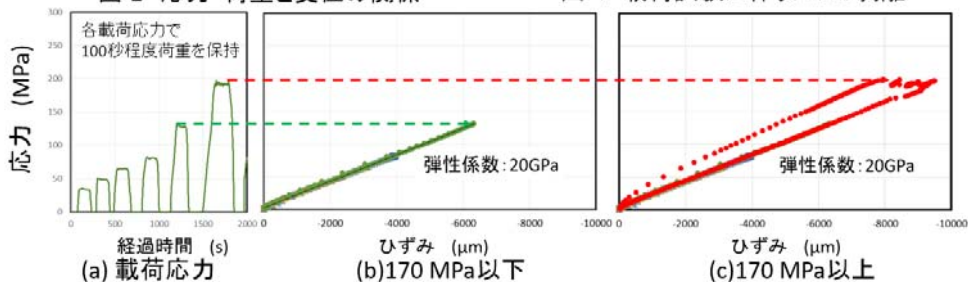


図-3 荷重応力とひずみとの関係

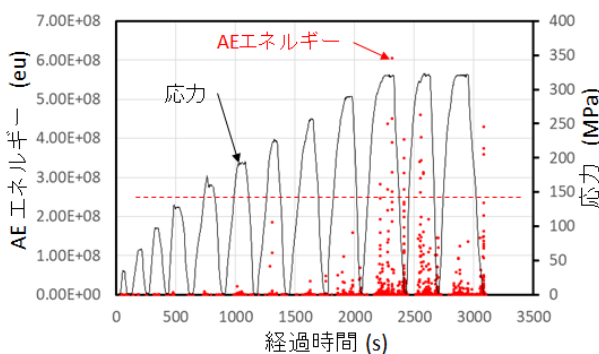


図-5 荷重に伴うAEの発生状況

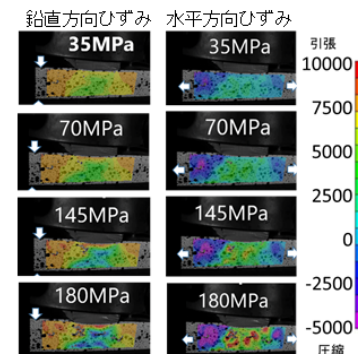


図-6 表面ひずみの変化