

PBO 連続繊維シートの引張及び付着疲労性状に関する研究

茨城大学大学院理工学研究科 学生会員 ○鈴木 俊雄

茨城大学工学部教授 都市システム工学科 正会員 呉 智深

航空宇宙技術研究所 先進複合材評価技術開発センター センター長 石川 隆司

航空宇宙技術研究所 先進複合材評価技術開発センター 主席研究員 濱口 泰正

茨城大学大学院理工学研究科 学生会員 岩下 健太郎

1、はじめに

連続繊維シートを構造物表面に接着する補修・補強工法において付着強度は特に重要な検討項目である。これまでに行われてきた研究³⁾から、疲労荷重下での剥離限界強度は静的付着強度の2～3割程度であることが分かっており、対策が必要である。そこで本研究では剥離の進展を防ぐために、連続繊維シートを U 字型に接着した場合の定着効果を検討した。また、連続繊維シート自体の引張疲労強度についても言及した。

2、PBO 連続繊維シート単体引張疲労試験

2-1 試験片寸法及び実験概要

図1のようにシートの長さ 150mm、断面 12.5×1mm、事前に樹脂含浸した PFRP シートに長さ50mmのアルミ製タブを端部に接着した形状である。このアルミタブを試験機のチャックにかませ、繰り返し引張試験を行う。最大応力比は85%、80%、75%、72.5%、70%、60%と変化させ、最小荷重は10%で固定した。載荷速度は5Hz、波形は正弦波とした。試験室内気温 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $30\pm 3\%$ であった。

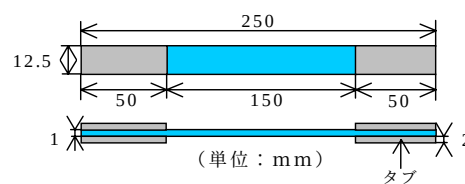


図1 試験片寸法

2-2 引張疲労試験結果及び考察

材料の疲労強度は、一般に図3のような最大応力比 (S) — 繰り返し回数 (N) 線図によって表される。繰り返し回数200万回とは実構造物の50年間使用時の荷重載荷に等しいと考えられている。データには、多少ばらつきがあるが、繰り返し回数200万回に到達する最大応力比は約65%～70%だと考えられる。今後、繰り返し回数200万回以降も継続して行い疲労限界について検討する必要があると考えられる。

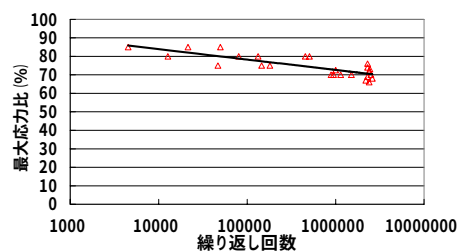


図2 最大応力比 (S) — 繰り返し回数 (N)

3、PBO連続繊維シートとコンクリートの接着界面付着疲労試験

3-1 実験概要

これまでの付着疲労実験によって、PFRP シートとコンクリートの付着疲労挙動はかなり解明されてきたが、200 万サイクルに到達可能な最大応力比の究明、破壊メカニズムの影響評価、早期剥離に対する対策などといった、さらに究明する部分がいくつか残されている。そこで、実験を行い付着疲労挙動に関する研究をまとめることにした。

3-2 供試体概要

供試体は、長さ 150mm のコンクリートブロックと同断面で長さ 250mm のコンクリートブロックを付け合わせた形状である。図5のように供試体の両側面に幅 50mm、長さ 350mm の PFRP シートをエポキシ樹脂で接着し、さらに長さ 150mm のコンクリートブロック側は、幅 200mm の PBO シートを2周巻きつけ接着して固定した。

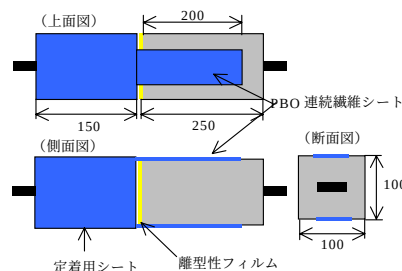


図3 供試体概要

キーワード: PBO 連続繊維シート、引張疲労、付着疲労、剥離、有効付着長

連絡先: 茨城大学 工学部 〒316-0033 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL.0294-38-5172 FAX.0294-38-5268

3-3 実験結果

連続繊維シートの剥離は通常、プライマー層と接着樹脂層の界面で起こるが、表面処理の状況によってはコンクリート表層内やコンクリート骨材層内で剥離が起こる場合もある。そこで、剥離モードを1)プライマー層－接着樹脂層間剥離（剥離モード A）、2) プライマー層－接着樹脂層間剥離＋一部骨材層内剥離（剥離モード A⁺）、3) コンクリート表層内での剥離（剥離モード B）の3種類に分類した。疲労荷重下でも図4より、剥離モード A⁺の試験体では剥離モード A か B の試験体よりも剥離破壊に至るサイクル数値が大きいと、疲労載荷時にも A or B < A⁺の関係が成り立つ。また、200 万サイクルに到達できる最大応力比を推定するには実験データが少々不足している。

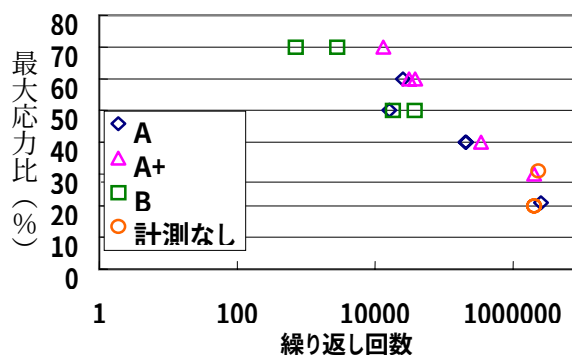


図4 最大応力比（S）－繰返し回数（N）

4、U字型による早期剥離に対する対策工

4-1 供試体概要

供試体は、図3と同様である。これまでの研究¹⁾²⁾により、有効付着長は付け合せ部から 100mm 程度としているため、この位置を固定するために、幅 50mm の PBO シートを付け合せ部から 100mm の位置が中心となるように U 字型に定着することによって、剥離進展を停止させる効果が期待できると考えられる。

4-2 実験結果及び考察

表1から U 字定着によって破壊までの繰返し回数がすべての応力レベルにおいて増加しており、疲労耐久性が向上していることが分かる。また、図6のグラフより、付け合せ部分から 75mm の U 字定着端から先は剥離が進行していないことが分かる。また、図5のグラフから、繰返し回数 1680 回まで変位が上昇し、1680 回から 9000 回まで U 字定着の効果によって、変位の伸びが緩やかになったことがわかる。その後繰返し載荷を続けると再び 9000 回から変位が上昇していき、15010 回でプライマーと樹脂層で破壊した。

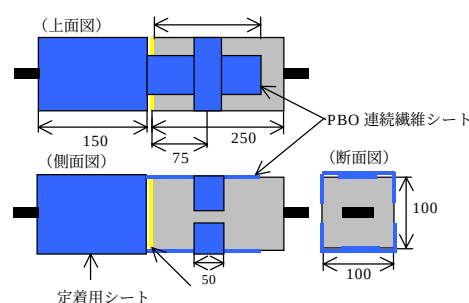


図5 供試体概要

表1 試験結果、比較

試験片 No.	最大応力比 (%)	繰返し回数	
		U字定着あり	U字定着なし
pfu-001	100	134	1
pfu-002	70	8605	5500
pfu-003	70	15010	5500
pfu-004	60	262685	31143

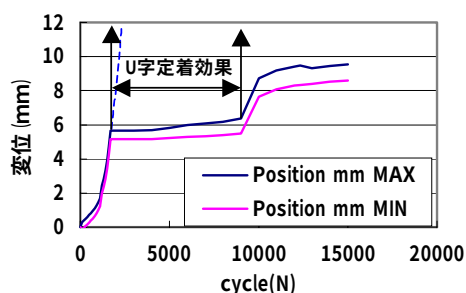


図6 変位 (mm)－cycle(N)

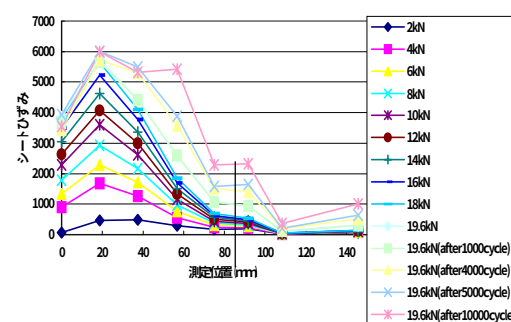


図7 ひずみー測定位置

5、まとめ

- 1) PBO 連続繊維シート単体の繰返し回数200万 cycle 破断限界応力比は65～70%であると考えられる。
- 2) 付着疲労試験において、PBO シートを U 字定着することにより、剥離の進行の停止に効果が認められた。
- 3) PBO 連続繊維シートとコンクリートとの付着強度を向上させるためには十分な表面処理が必要である。

参考文献

- 1) 吉澤弘之, 呉 智深, H. Yuan, 金久保利之: 土木学会論文集, No.662, Vol.5-49 (2000), 105-119.
- 2) Z.S. Wu, K. Iwashita, T. Ishikawa, Y. Hamaguchi, Proceedings of the Tenth U.S.-Japan Conference on Composite Materials, (2002), 810-818