

定着法の違いがCFRPより線の疲労性状に及ぼす影響について

長崎大学 学生会員 ○久保田 慶太
福岡大学 正会員 添田 政司

長崎大学 正会員 原田 哲夫
福岡大学 学生会員 青井 裕美

1. はじめに

CFRPより線のような連続繊維緊張材の定着には、定着用膨張材を用いる定着法(HEM定着法)やエポキシ樹脂定着法が開発され使用されている。HEM定着とエポキシ樹脂定着とでは、CFRPより線の静的引張強度には定着法による差はみられない。しかし、引張疲労試験を行った結果、CFRPより線の疲労特性は、HEM定着の方が格段に向上することが分かった。本研究では、この理由について定着部内の応力状態と温度上昇の観点から検討した。

2. 実験概要

HEM定着法は、鋼管スリーブとCFRPより線の間にはHEMスラリーを充填後、HEMの硬化膨張によって発生する50MPa以上の高膨張圧と液圧的圧力伝播特性によってソフトタッチに定着できる定着法である。図-1にHEM定着体の概略図を示す。実験で使用したCFRPより線はφ15.2である。引張疲労試験は、各定着体をより戻り防止器具のついた500kN油圧サーボ制御引張疲労試験機にセットして行った。引張疲労試験を行う前に、静的に10回の繰返し载荷を行った。引張疲労試験の载荷条件は、平均応力をCFRPより線の破断荷重の60%~80%、応力範囲を10%~40%の範囲とし、繰返し速度は1.5Hz~2.5Hz、繰返し数は200万回を上限とした。所定のサイクルで試験機を止め、上限設定荷重まで静的に载荷し、各荷重段階において鋼管スリーブ表面に20mm間隔で添付したひずみゲージよりひずみ値を測定した。

3. 実験結果と考察

3.1 引張疲労試験結果

図-2には、HEM定着およびエポキシ樹脂定着した場合のCFRPより線(φ15.2)の引張疲労試験結果を、平均応力と応力範囲の関係で示す。同じ平均応力でみた場合、HEM定着の方がエポキシ樹脂定着よりも200万回で疲労破断しないための応力範囲はおおよそ400N/mm²高いことが分かる。この試験結果からも定着法の違いによって、CFRPより線の疲労特性が異なってくることを確認できた。

3.2 q~γ曲線

CFRPより線に引張力を作用させた場合、微小部分dxにおけるスリーブ、膨張材、CFRPより線間に働く力は図-3のように示される。ここで、HEMはせん断伝達層と考え、単位長さ当たりのせん断力qによって引張力が伝達

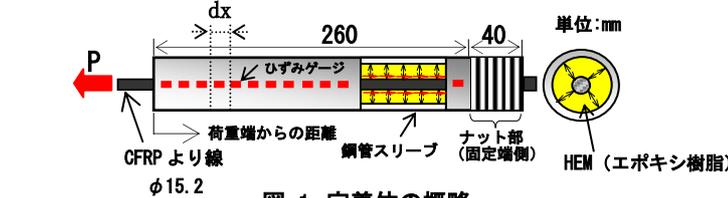


図-1 定着体の概略

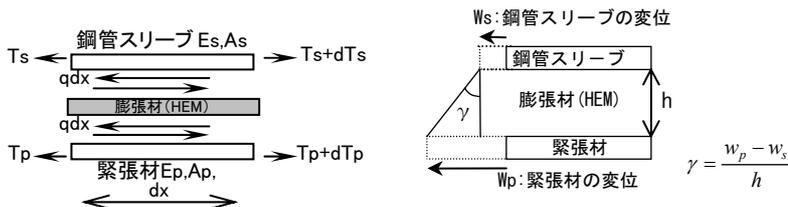


図-3 微小要素モデル

図-4 定着部の変形状態

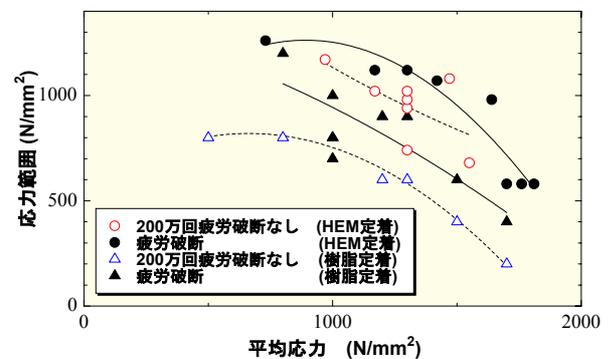


図-2 引張疲労試験結果

キーワード 疲労, CFRPより線, HEM定着法

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1番14号 長崎大学工学部構造工学科 TEL 095-819-2597

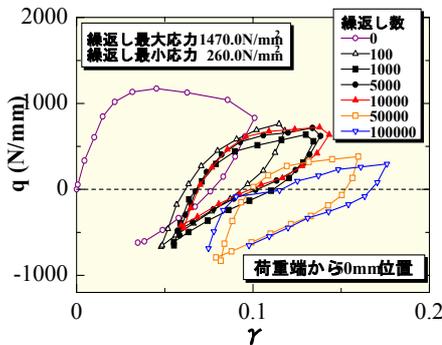
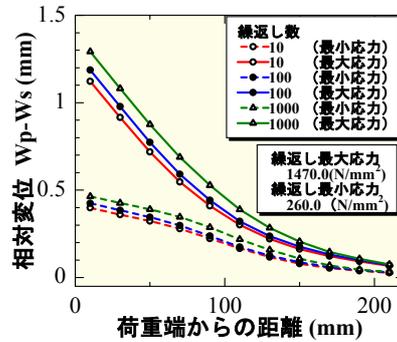
図-5 HEM 定着 q~ γ 曲線

図-7 HEM 定着の相対変位分布

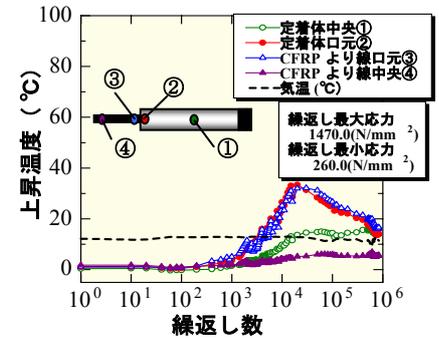


図-9 HEM 定着の上昇温度分布

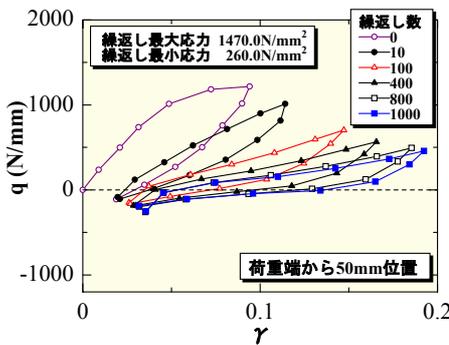
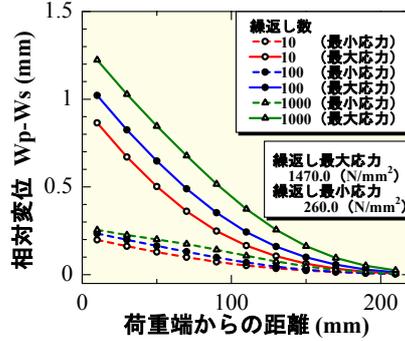
図-6 エポキシ樹脂定着 q~ γ 曲線

図-8 エポキシ樹脂定着の相対変位分布

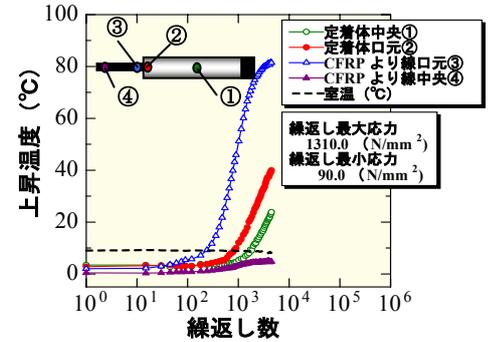


図-10 エポキシ樹脂定着の上昇温度分布

される。このときのスリーブ、HEM層、CFRPより線の変形状態は、図-4のように示され、 q と γ の値は、スリーブ表面のひずみ値より算出できる。図-5、図-6に引張疲労試験から得られた q ~ γ 曲線を示す。エポキシ樹脂定着の場合、繰返し回数の増加にともなって、 q ~ γ 曲線の傾きが変化しており、定着部内の樹脂のせん断バネとしての特性が変化していることが考えられる。一方のHEM定着の場合は、ヒステリシスループの形状は、繰返し回数の増加によってもあまり変化していないことが分かる。

3.3 定着体の温度上昇による影響

図-7、図-8にHEM定着、エポキシ樹脂定着の場合の定着体内の上限荷重時、下限荷重時の相対変位分布を示す。繰返し载荷の増加にともなう相対変位幅が、エポキシ樹脂定着の場合の方がHEM定着に比べてはるかに大きくなっていることが分かる。HEM定着の場合、膨張圧によって拘束されるために、CFRPより線表面には負の摩擦力（せん断力）が発生するため、変位振幅が軽減され相対変位幅は小さい。相対変位幅が大きい方が摩擦熱の発生は大きいと予測される。実際に温度測定した結果を図-9、図-10に示す。エポキシ樹脂定着の場合、繰返し数1000回目において約80°Cの高熱がCFRPより線の口元部で発生していることが分かった。一方、HEM定着ではこのような高温度は発生していない。

エポキシ樹脂の場合には、図-6に示すようにせん断伝達バネとしての特性が変化することにより、定着体内部の相対変位が大きくなり、変位振幅にともなうエポキシ樹脂との摩擦によって摩擦熱が発生し、定着部内の温度を上昇させ、CFRPより線のマトリックス樹脂を劣化させていることが推定される。この摩擦熱によってCFRPより線の温度が上昇するために、疲労特性に悪影響を及ぼしていることが考えられる。

4. まとめ

- (1) 定着体内部のHEM、エポキシ樹脂をせん断バネとして考えた場合に、エポキシ樹脂定着部内では繰返し载荷によるせん断バネとしての特性が著しく低下するが、HEM定着内ではそのような変化は小さい。
- (2) 引張疲労試験において、HEM定着法と樹脂定着法とではCFRPより線の疲労特性が異なる理由は、HEM定着の場合、変位振幅の変動が小さいため、樹脂定着の場合と比べて上昇温度が少ないと思われる。そして、樹脂定着の場合に発生する高温度の摩擦熱がCFRPより線の疲労特性に悪影響を及ぼし、疲労特性の違いが現れると推測される。