

## 膨張材定着した連続繊維緊張材の疲労特性に及ぼす影響

福岡大学大学院 学生会員 青井 裕美  
 福岡大学 正会員 添田 政司  
 福岡大学 正会員 大和 竹史  
 長崎大学 正会員 原田 哲夫

## 1. はじめに

軽量、高強度、高耐食性等の優れた特徴をもつ連続繊維緊張材（以下、CFCC）の使用により施工の省力化、構造物の軽量化、維持管理の軽減等が期待できる。CFCCの定着方法として、定着用膨張材を用いる方法が広く採用されているが、定着機構が疲労特性に及ぼす影響はまだ、十分明らかにされていない。そこで本研究では、繰り返し載荷が疲労特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## 2. 実験概要

**供試体：** 試験に供したCFCCの寸法は長さ1400mm、直径15.2mmである。その規格値は、有効断面積113.6mm<sup>2</sup>、破断荷重240kN、引張強度2.11kN/mm<sup>2</sup>、弾性係数137kN/mm<sup>2</sup>である。鋼管スリーブは、長さ300mm、内径23mm（一部28mm）、外径52mmである。鋼管とCFCCの定着にはマルチタイプBの定着用膨張材（W/C=27%）を用い、充填後、所定の膨張圧（40MPa以上）が発現した段階で試験を開始した。定着体の概略図を図-1に示す。

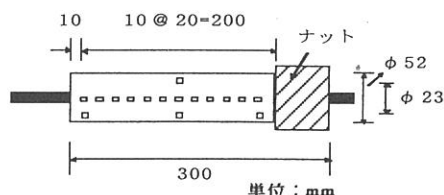


図-1 定着体概略図

**実験方法：** 各供試体をより戻り防止器具のついた

50tf油圧サーボ制御引張疲労試験機に設置し引張疲労試験を行った。図-2に試験機の概略図を示す。疲労試験を行う前に、静的に10回の繰り返し載荷を行った。その際、最大荷重は引張疲労試験の最大荷重とし、9.8kNずつ載荷、除荷を行った。引張疲労試験の載荷条件は平均応力を破断荷重の60～80%、平均振幅を破断荷重の10～40%に設定した。繰り返し速度は1.5Hz～2.5Hz、設定した平均応力、平均振幅で引張り、繰り返し数は200万回を上限として試験を行った。なお、ひずみの変化量は各サイクルごとに静的に載荷したときの鋼管に貼付したひずみゲージより測定した。供試体の荷重条件の一例を表-1に示す。

表-1 供試体の一例

| 供試体<br>名称 | 荷重 (kN) |      | 速度<br>(Hz) | 膨張圧<br>(MPa) | 繰り返し数   | 状況   |
|-----------|---------|------|------------|--------------|---------|------|
|           | 平均      | 荷重幅  |            |              |         |      |
| No.1      | 194     | 66.6 | 2.5        | 60           | 2000000 | 未破断  |
| No.2      | 173     | 66.6 | 2.5        | 60           | 2000000 | 未破断  |
| No.3      | 186     | 108  | 2.5        | 55           | 161355  | 破断   |
| No.4      | 186     | 108  | 2.5        | 60           | 111     | 破断   |
| No.5      | 194     | 66.6 | 2.5        | 60           | 4359    | 引き抜け |

## 3. 実験結果および考察

図-3は、疲労試験で未破断（No.1）および破断（No.4）場合の供試体について1回目の9.8kNと204.5kN載荷時のせん断力 $q$ 分布をそれぞれ比較して示したものである。 $q$ とは鋼管スリーブのひずみ値より求めた単位長さあたりのせん断力のことである<sup>1)</sup>。9.8kN載荷時に口元付近にあった $q$ のピーク値が205.4kN載荷時に、やや後方に移行した点はどちらの供試体も同じだが、205.4kN載荷時の $q$ のピーク値は破断した供試体の方がやや後方に位置した。

図-4は、1サイクルにおける $q$ 分布がどのように変化したかを見るために100サイクルの $q$ 分布を表したものである。1サイクル目と同様に9.8kN載荷よりも204.5kN載荷の $q$ のピーク値がやや後方に移行している。しかし、1サイクル目ではほぼ同じ $q$ の増減をしていたが100サイクル目には破断した供試体は未破断の供試体ほど $q$ の急激な減少は見られない。これは、高荷重レベルでの繰り返し載荷により摩擦が生じ、定着体全

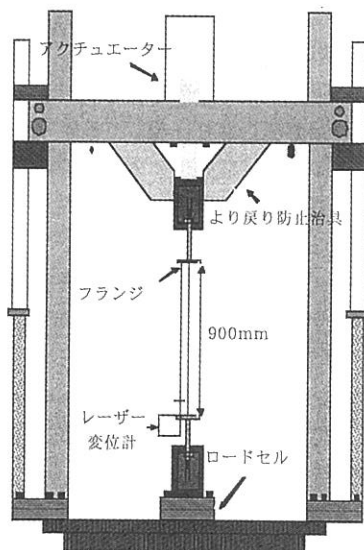


図-2 引張疲労試験機

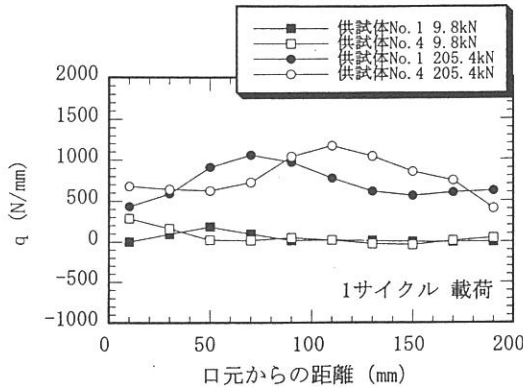


図-3 q分布 (1サイクル)

体に渡ってせん断力を負担するようになったためと考えられる。

図-5は、疲労試験で未破断であった供試体の口元から90mm位置での $q-\gamma$ 関係を表したグラフである。 $\gamma$ とは、せん断変形角を意味する<sup>1)</sup>。 $q$ の変化に伴う $\gamma$ の変化がサイクル数の増大とともに徐々に小さくなっていることが分かる。また、疲労試験荷重領域に至っては、 $q$ のピーク値が徐々に増大しており、繰り返し荷重による膨張圧の低下は生じていないものと思われ、これ以上の低下も生じないと考えられる。

図-6は、サイクル200万の疲労限を明確にするため平均応力と応力振幅の関係を整理したものである。既往の研究結果のCFCC  $\phi 12.7$ mm, CFCCの樹脂定着, PC鋼より線の合金定着のデータも入れて比較検討した<sup>2)</sup>。膨張材定着が同じ径のCFCCを用いた樹脂定着やPC鋼より線合金定着よりも疲労限が上にシフトしたことから、膨張材定着により疲労特性が向上するとすでに報告されているが、その原因は定着体内部に生じているせん断力と関係が深いと思われる。また、径の変化による疲労特性の変化がなかったことにより膨張材定着の有効性も確認できた。なお、 $\phi 15.2$ mmの供試体において、破断はいずれもロッド部分から発生しており定着体の疲労から生じたものではなかった。

#### 4. まとめ

今回、疲労に伴って生じる摩擦による膨張圧の低下はないことが明らかになり、このことが、膨張材定着の疲労特性の向上につながっていることが分かった。

今後は定着体内部の温度変化の影響が、定着方法の違いに及ぼす影響について検討していく予定である。

#### <謝辞>

本研究を行うにあたり、東京製鋼（株）の御協力に深く感謝の意を表します。

#### <参考文献>

- 1) 原田哲夫：定着用膨張材による各種PC緊張材の接続および定着機構に関する研究，pp.13-17，平成12年3月
- 2) 瀬戸口尚武，添田政司，大和竹史，江本幸雄：膨張材定着による炭素繊維ケーブルの引張疲労特性，平成7年度土木学会西部支部研究発表会講演要集，V-31，pp.936-937

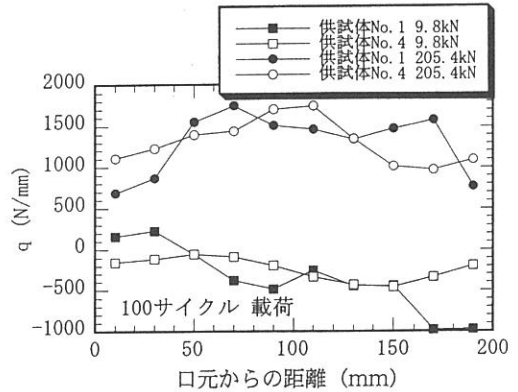


図-4 q分布 (100サイクル)

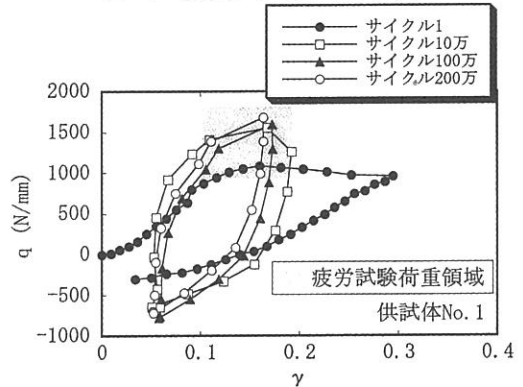


図-5 疲労試験の $q-\gamma$ 関係

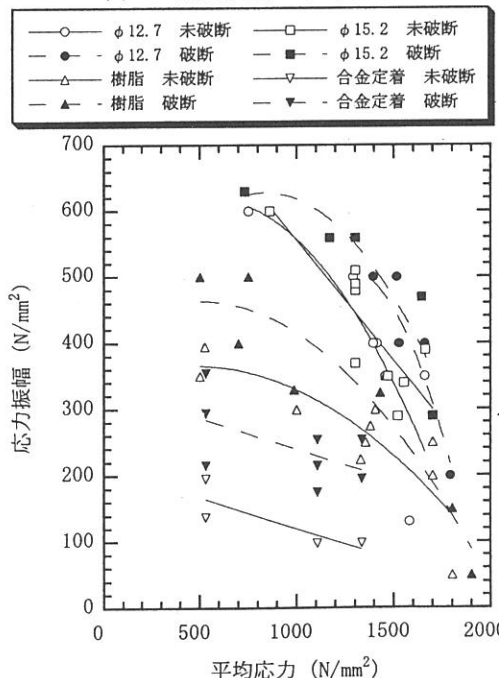


図-6 平均応力と応力振幅の関係