

V-482

アラミド製連続繊維補強材の疲労特性

住友建設 技術研究所 正会員 小田切 隆幸

住友建設 技術研究所 正会員 中井 裕司

住友建設 土木部 正会員 浅井 洋

1.はじめに

アラミド製連続繊維補強材(以下AFRPロッド)は高い防蝕性を有することから、緊張材として外ケーブルやアンボンドケーブル等に利用される可能性が考えられ、疲労強度の同定が必要である。著者らは ϕ 6.0mmのAFRPロッドの疲労試験をすでに報告している[1]。土木学会において「連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案)」[2]が制定され諸規準が規定されたので、 ϕ 6.0mmの疲労試験結果の見直しと、新たに開発した ϕ 7.4mmAFRPロッドの疲労試験結果を合わせて報告する。AFRPロッドの静的引張破壊の原因は主に定着体端部にある。従って、AFRPロッドの疲労強度においても定着体端部の疲労強度特性が、支配的要因となると推定される。本研究では、定着体を含めたAFRPロッドの疲労特性を明らかにし、今後AFRPロッドの緊張材としての実用化の際の設計の基礎資料を得ることを目的とする。

2.試験方法

図-1に供試体の概略図を示す。供試体は試験器の制約上、長さ1200mmの1本の ϕ 7.4mmの異形AFRPロッドに長さ500mmの付着型定着体を取り付けたものである。定着体の充填材は、グラウトモルタル(C/W=15.5%)である。表-1に ϕ 7.4、 ϕ 6.0mmの異形AFRPロッドの静的引張特性を示す。 ϕ 7.4mmAFRPロッドの製作は2回に分けて行い、各々4回の引張試験を行った。各試験においてばらつきはなく平均1800N/mm²である。疲労試験は動的20tfの能力を有する疲労試験器を用いた。載荷方法は、繰り返し速度を4~6Hzとし、上限応力を保証引張強度の64%(957N/mm²)とし、荷重制御で行った。上限応力を一定としたのは、設計疲労強度を合理的に明確にするためである。また、疲労回数は200万回を限度とし、破壊しなかった供試体については、静的に残留引張強度を測定した。供試体は各両振幅応力に対し3体とした。

3.試験結果

試験結果を表-2に示す。疲労破壊は、全て定着体端部にて発生しており、破壊形態は、静的引張試験の形

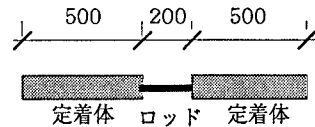


図-1 供試体図

表-1 静的引張強度

	ϕ 7.4	ϕ 6.0
断面積(mm ²)	48.8	32.5
保証強度×低減係数	1503	1575
標本数(本)	8	54
平均引張強度(N/mm ²)	1800	1708

表-2 実験結果一覧

両振幅応力 (N/mm ²)	上限応力 (N/mm ²)	下限応力 (N/mm ²)	疲労回数 ×10 ⁴ (回)	残留強度 (N/mm ²)
664	957	293	5.2	
664	957	293	9.3	
664	957	293	2.8	
664	957	293	16.2	
664	957	293	22.5	
664	957	293	45.6	
621	957	336	14.4	
621	957	336	8.6	
621	957	336	11.4	
621	957	336	200.0	1640
621	957	336	200.0	1658
576	957	381	10.3	
576	957	381	49.0	
576	957	381	57.2	
532	957	425	200.0	1453
532	957	425	200.0	1410
532	957	425	145.8	
532	957	425	200.0	1702
488	957	469	200.0	1676
488	957	469	200.0	1738
488	957	469	200.0	1711
443	957	514	200.0	1543
443	957	514	200.0	1614
443	957	514	147.7	
443	957	514	200.0	1879

態に類似している。従って、AFRPロッドの弱点は、静的動的に関わらず定着体端部にあると推定される。

疲労試験結果のS-N線図を図-2に示す。図中の直線は、次式で表すことができる。

$$S=10^3/N^k \quad S: \text{両振幅応力(疲労強度)}$$

N: 繰り返し回数, a, k: 実験で求まる値

$\phi 7.4\text{mm}$ と $\phi 6.0\text{mm}$ を比較するとa, kともに $\phi 7.4$ が大きくなる。この原因は、aは静的引張強度に相関しており、kはAFRPロッドが太径になったことに関係していると考えられる。上限応力 957N/mm^2 の場合、200万回疲労強度は $\phi 6.0$ 、 $\phi 7.4\text{mm}$ 共に 500N/mm^2 程度である。しかし、ロッド径に関わらず疲労強度にばらつきが大きい。特に $\phi 7.4\text{mm}$ の場合は、相関係数が0.437であり顕著である。本試験では各両振幅応力に対し3体行ったが試験結果にばらつきが大きく、今後、疲労強度を明確にし統計的処理をするためには、サンプル数を増やす必要がある。

図-3に残留引張強度と両振幅応力の関係を示す。200万回疲労载荷後の残留引張強度は、試験条件、及びロッド径に関わらず両振幅応力の増加に従い低下する。また、回帰線より $\phi 6.0\text{mm}$ の方が低下が著しい。定着体を含めた保証引張強度(保証強度 $\times$ 低減係数: $\phi 7.4=1503\text{N/mm}^2$ ・ $\phi 6.0=1575\text{N/mm}^2$)を下回るデータを疲労劣化したものであると仮定すれば、上限応力 957N/mm^2 の場合200万回疲労载荷による疲労劣化は $\phi 7.4\text{mm}$ では両振幅応力 500N/mm^2 以下で劣化が観察されず、 $\phi 6.0\text{mm}$ は、本試験の範囲内では疲労劣化は認められなかった。

PC鋼線の場合、上限応力 1020N/mm^2 程度で疲労強度は $200\sim 300\text{N/mm}^2$ 程度であると報告されており、AFRPロッドの疲労特性はPC鋼線同等以上である。また、疲労载荷後のAFRPロッドの引張強度の低下は、実用的な応力振幅内では問題にならないと考えられる。

今後、高回数の疲労強度と残留引張強度との関係を明確にする必要がある。

4.まとめ

AFRPロッドの疲労試験より以下の知見を得た。

1. 上限応力を 1020N/mm^2 程度にした場合、AFRPロッドの200万回疲労強度は、ロッドの径に関わりなく 500N/mm^2 程度である。
2. 上限応力を 1020N/mm^2 程度にした場合、200万回疲労後の残留強度は、ロッドの径に関わりなく定着体を含めた保証引張強度を上回る。
3. AFRPロッドの200万回疲労後の残留引張強度は、ロッドの径に関わりなく両振幅応力の値に依存する。
4. 疲労強度の統計的な処理をするため、試験サンプルの数を増やす必要がある。

【参考文献】

- [1] 中井、他：アラミド緊張材の力学特性とその信頼性、連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用に関するシンポジウム 講演論文報告集 P75 1992.4
- [2] 連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案) 土木学会

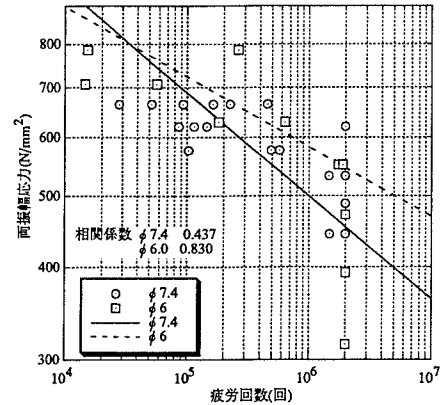


図-2 S-N線図

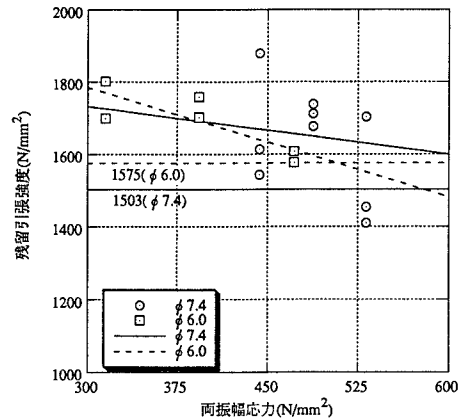


図-3 残留引張強度-両振幅応力