

直接軸引張試験によるSFRCの引張疲労特性に関する一考察

摂南大学 正会員 平城弘一 住友大阪セメント(株) 正会員 ○水越睦視
摂南大学 福島智行 住友大阪セメント(株) 青木真材

1. はじめに

コンクリート構造物の長寿命化を図る一方法として、RC 部材の引張部にひび割れ抵抗性に優れた鋼繊維補強コンクリート(SFRC)を使用することが考えられる。道路橋 RC 床版など疲労荷重を受ける部位への適用を想定した場合、SFRC の引張疲労特性の把握が必要となる。引張部 SFRC の疲労性能評価は、筆者らを始め曲げ疲労試験によりなされているものの¹⁾、直接軸引張疲労試験は実施されていない。直接軸引張試験により疲労荷重を適切に与えるには、高度な試験技術を要するからである。しかし、直接引張載荷の場合、曲げ載荷のような応力勾配はなく、断面内の応力は一様であり、力学挙動を比較的簡単に扱うことができ、鋼繊維(SF)の分散や配向の影響、SF の付着特性などを検討し易いという利点を有している。

本研究では、SFRC の直接軸引張疲労試験を SF 無混入のプレーンコンクリート(PL)との比較で行い、SFRC の引張疲労特性を検討した。

2. 実験概要

2.1 試験体の種類

供試体の種類とコンクリートの配合を表-1 に、使用したコンクリートの物性を表-2 に示す。試験体は、図-1 のような 100×100×410mm の角柱で中央部の両側面に深さ 15 mm の切欠きを設けている。鋼繊維は、寸法 0.5×0.5×30mm の波形せん断品(比重 7.85, 引張強度=736N/mm², ヤング率=206kN/mm²)を使用した。

2.2 試験方法

疲労試験の概要を図-1 に示す。供試体の試験機への定着は、コンクリート中に埋め込んだネジ切り棒を両端部プレートに固定することにより行った。疲労試験は、軸引張により、正弦波形の繰返し荷重を載荷速度 5Hz で与え、早強セメントを用いたコンクリートの強度が安定する材齢 14 日以降に行った。載荷荷重は、疲労試験開始時に行った 3 体の静的試験結果を基に決定した。上限荷重は、平均破壊荷重の 70 ~ 90 % の範囲で数水準選び、下限荷重は平均破壊荷重の 10 % となる一定値とした。ひずみの測定は、所定の回数で疲労試験を中止し、静的載荷により図-1 に示す位置に取付けたクリップゲージ、コンクリートゲージを用いて行った。なお、200 万回以上の疲労載荷でも破壊に至らなかった試験体については、後に静的試験を行った。

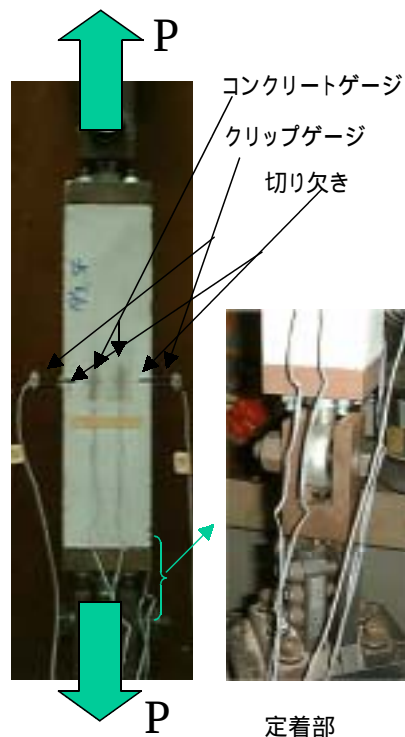


図-1 疲労試験の概要

表-1 供試体の種類と配合

コンクリートの種類	W/(C+EX) (%)	繊維混入量 (vol. %)	Gmax (mm)
SFRC	45	1.27	13
PL	45	-	13

(*)EX: 膨張材40kg/m³使用

表-2 使用したコンクリートの物性

コンクリートの種類	材齢	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング率 (kN/mm ²)	直接引張強度 (N/mm ²)
SFRC	開始時	71.9	35.4	4.7
	終了時	72.6	34.6	-
PL	開始時	58.0	34.6	3.5
	終了時	61.2	35.7	-

キーワード SFRC 直接引張 引張疲労 疲労寿命

連絡先 〒551-0021 大阪市大正区南恩加島 7-1-55 住友大阪セメント(株)

TEL: 06-6879-7618 FAX: 06-6879-7621

3. 試験結果と考察

3.1 静的引張特性

直接引張強度は表-2 に示すように、SF の混入により約 1.4 倍となった。図-2 に引張応力と引張ひずみの関係を示す。SFRC は PL に比べ弾性域の引張剛性が大きく、100 μ 以上の領域でも PL よりも優れた引張抵抗性を示した。

3.2 引張疲労特性

上限応力比(S)と繰返し回数(N)の関係を、同一配合の曲げ疲労試験結果¹⁾とともに図-3 に示す。図中の→は未破壊データである。SFRC の引張疲労 S-N 曲線は PL の下方に位置し、縦軸を上限応力比で表現した場合、直感的に鋼繊維混入による耐疲労性の向上を評価できない。この傾向は、SFRC の曲げ疲労試験結果と同様である。しかし、実際には上限応力比の基となる静的引張破壊強度は SFRC の方が PL よりも大きく、縦軸を上限応力(σ)として整理すると図-4 のようになる。これより、曲げ疲労の場合と同様に SF 混入による耐疲労性の向上がうかがえる。また、引張疲労の場合、S-N 曲線の傾きは、曲げ疲労の傾きよりも小さい。 σ -N 表現では、SFRC と PL の引張疲労強度の差は曲げ疲労の場合ほど大きくはない。これらは、両载荷における応力状態の違い、ひいては破壊進行過程の違いにあるものと考えられる。SFRC の曲げ疲労ではひび割れが徐々に進展し破壊に至る状況が確認できたが、直接引張疲労破壊では、可視ひび割れの発生と同時に破壊に至った。今後、疲労ひずみ等の測定データの解析を行い詳細検討を行う予定である。

3.3 破壊面の観察

静的試験終了後の試験体の破断面から突出している SF の長さを測定・観察した。SF 長さの合計を総抜け出し量、これを破断面の繊維本数で除した値を平均抜け出し量として、引張強度との関係で図-5 に示した。引張強度が大きいほど、総抜け出し量も大きく、より多くの SF で引張抵抗を分担したと考えられる。平均抜け出し量は SF 長さ 30mm に対して 5.8 ~ 6.5mm 程度であり、SF とコンクリートの付着劣化に加え SF 自身の破断も破壊原因として推察される。今後、疲労試験終了後の試験体のについても同様の観察を行い、静的破壊と疲労破壊のメカニズムの違いを検討する必要がある。

【参考文献】

- 1) 水越睦視、松井繁之、手塚光晴、内田美生：炭素繊維補強コンクリートの曲げ疲労性状、土木学会第54回年次学術講演会講演概要集、pp.846-847、1999。

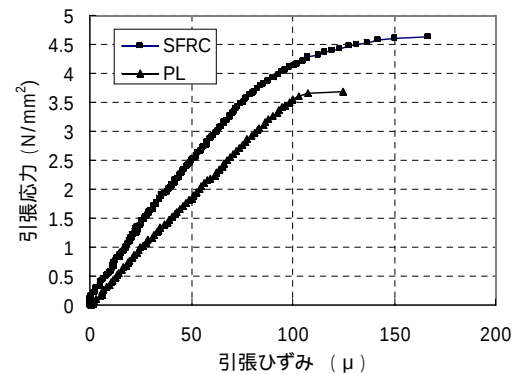


図-2 引張応力と引張ひずみの関係

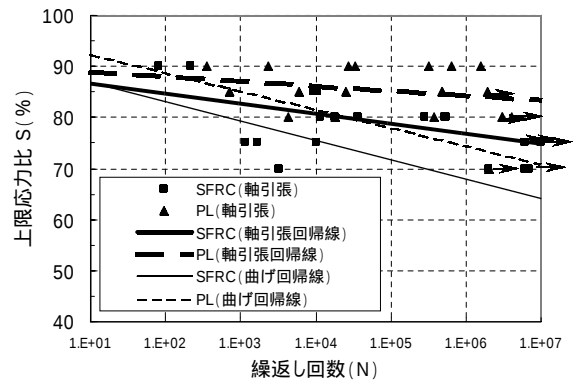


図-3 上限応力比と繰返し回数の関係 (S-N結果)

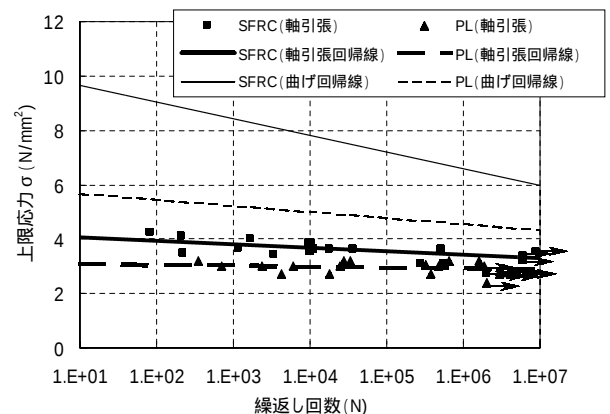


図-4 上限応力と繰返し回数の関係 (σ-N結果)

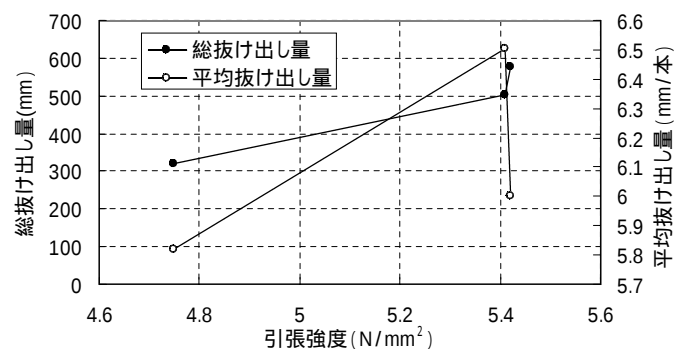


図-5 抜け出し量と直接引張強度の関係(静的)