

高強度鋼纖維補強コンクリートの圧縮疲労特性

佐賀大学 学生員 ○ 赤木俊之
 ハ ハ 川島浩一
 ハ 正員 石橋孝治

1.はじめに

鋼纖維補強コンクリート(SFRC)は、鋼纖維(SF)を混入することで本来脆性的な材料であるコンクリートの破壊靭性を改善した複合材料である。コンクリートの圧縮疲労特性に関する研究は1900年代当初から行われ、疲労性状に影響する因子に関する研究成果が非常に多く報告されている。今日の構造物の長大化や設計荷重の増改訂は、コンクリートの高強度化を促し、各種の纖維補強の技術導入をもたらした。本研究では、SFRCとしては比較的高強度である圧縮強度が60MPaのコンクリートの圧縮疲労試験を実施し、ひずみエネルギーの変化に注目した疲労劣化挙動の検討を行った。

2. 実験仕様

コンクリートの配合条件として、スランプ:8±1cm、空気量:4±1%、圧縮強度:60MPaを設定した。セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は砕砂、粗骨材は砕石(G_{max} :25mm)を使用した。骨材は両者とも武雄産の安産岩である。混和剤は、減水剤としてボゾリスNo.70を、AE剤としてマイクロエア303Aを使用した。また、使用したSFはイゲタ鋼板(株)製のISファイバー(長さ30mm)である。

SF混入率(容積比)を0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%の4水準で変化させ、各水準に関して設定した配合条件を満たすコンクリートが得られるまで試験練りを行い、配合を決定した。表-1に各水準のSFRCの配合表を示す。

表-1 SFRCの配合表

SF混入率 (vol. %)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					混和剤(C×%)		スランプ [°] (cm)	Air (%)
			W	C	S	G	SF	減水剤	AE剤		
(Plane) 0	35.7	43	190	532	661	900	0	0.2	0.007	8.7	4.0
0.5	36.0	47	190	528	718	832	39.9	0.4	0.008	8.8	4.1
1.0	38.4	48	192	500	736	819	78.6	0.4	0.008	8.2	4.6
1.5	40.0	49	200	500	735	786	117.9	0.4	0.008	8.4	3.6

疲労試験用の供試体はφ10×20cmの円柱供試体である。コンクリートの打設後、91日の水中養生を行い強度発現の収斂を待った。引き続き28日以上の空中養生を行った後に疲労試験に供した。疲労試験の仕様として、繰返し載荷は5Hzの正弦波形に従い、下限荷重を49kN、上限荷重比(試験直前に調べた試験対象コンクリートの圧縮強度に対する載荷応力の比)を60~85%まで変化させ、最大繰返し回数を100万回とする設定を行った。供試体側面の対向する位置に載荷軸方向に2枚のストレインゲージを貼付し、繰返し載荷に伴うひすみの変化を測定した。各上限荷重比に対し3~5本の供試体を配分した。表-2に各供試体の圧縮強度をまとめて示す。高いSF混入率の場合では6.7%程度、目標強度を下回っている。

本報では以降、上限応力比をS、繰返し回数をNで表すこととする。

表-2 SFRCの圧縮強度一覧表

SF混入率 (vol. %)	圧縮強度 (MPa)			
	7日	28日	91日	直前
(Plane) 0	38.2	48.1	50.7	59.5
0.5	39.4	50.2	63.3	60.4
1.0	34.6	41.5	48.5	56.0
1.5	39.9	51.3	63.8	56.5

3. ひずみエネルギー指標について

本研究で立案したひずみエネルギー仮説の概念を図-1に示す。試験片は点OABCFOで囲まれる面積に相当するひずみエネルギー蓄積容量(C_o)を持つものと考える。下限応力から上限応力までの載荷により点ABEDAで囲まれた面積に相当するひずみエネルギー(E_o)を供試体が一時的に貯えることとなる。繰返し載荷に伴い、残留ひずみが累積し点A'B'E'D'A'で囲まれた面積に対応するひずみエネルギー(E_n)を貯えることとなる。疲労劣化(材料内部のゆるみ)に伴って線分ABの傾きの増大や材料非線形性の発現のために、 $E_n > E_o$ の関係が成立する。一方、AA'の長さで表される残留ひずみの累積は、繰返し載荷期間中に点ABB'A'Aで囲まれる面積の半分に相当するひずみエネルギー(E_r)の容量を消失させると考える。また、点AA'D'Dで囲まれる部分は疲労劣化と残留ひずみの蓄積が先行蓄積ひずみエネルギーを増大させるものであり、その面積の半分に相当するひずみエネルギー(E_p)の容量を消失させると考える。したがって、残存ひずみエネルギー蓄積容量(C_r)を(1)式で定義する。さらに、ひずみエネルギー指標として、 E_n と C_r の比(κ)を(2)式で定義した。

$$C_r = C_o - (E_r + E_p) \quad (1)$$

$$\kappa = E_n / C_r \quad (2)$$

κ は蓄積容量に対するひずみエネルギー蓄積率である。

4. 実験結果および考察

表-3に各SFRCのS-N直線式および100万回疲労強度を示す。SF0.5%については試験途中のデータに基づいており、ここでは考察の対象としない。SFの混入により疲労強度が低下しているが、直線の傾きは緩やかになっている。SFの混入は疲労劣化の速さを緩和する効果があると言えよう。

図-2に $\kappa - S$ の関係を示す。SFの混入率が1.0%だけの場合を示したが、上限応力比の増加に伴いひずみエネルギー蓄積率は増加し、 κ とSの間には密接な関係が成立することを伺い知ることができる。SFの混入により破壊付近での蓄積率が大きくなることを示している。

5. むすび

本研究で提案したひずみエネルギー指標は概算値で圧縮疲労試験結果に適用したものである。現段階では不完全な仮説ではあるが、疲労損傷評価指標としての有用性に関する検討を深めて行く予定である。

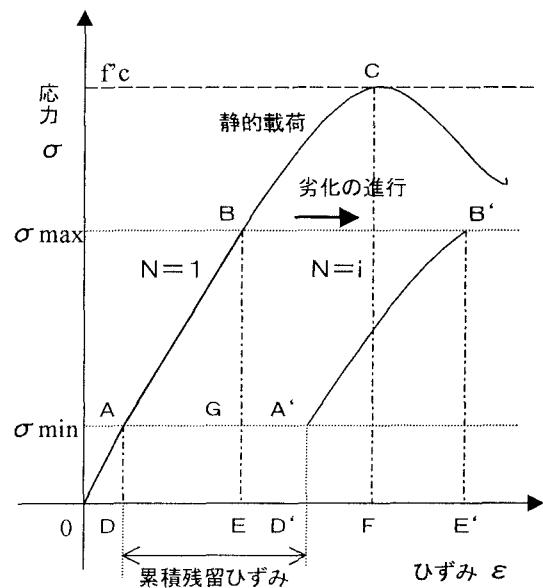


図-1 ひずみエネルギー指標の概念図

表-3 S-N直線式および100万回疲労強度

SF混入率	S-N直線式	疲労強度
0 %	$S = -5.50\log N + 106.66$	73.6
0.5 %	$S = -6.45\log N + 103.13$	64.4
1.0 %	$S = -2.95\log N + 88.41$	70.7
1.5 %	$S = -4.31\log N + 92.94$	67.1

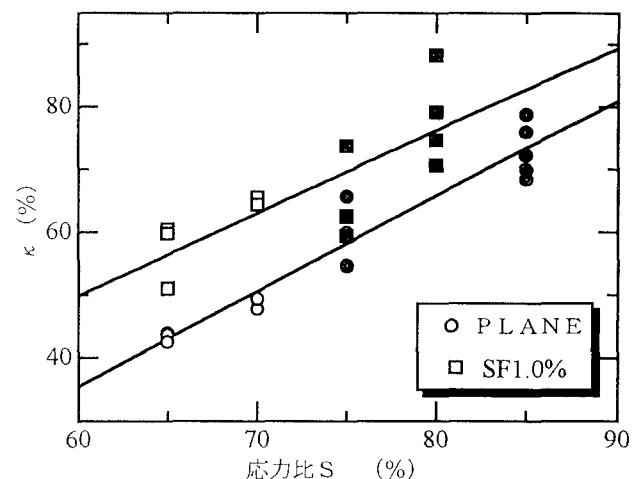


図2 $\kappa - S$ の関係