

横浜市役所 村沢 洋一
 武蔵工業大学 小玉 克巳
 武蔵工業大学 吉川 弘道
 武蔵工業大学 仲宗根 茂

1. まえがき

コンクリートの疲労性状は、繰返し荷重の作用方法が変化に富み、疲労試験に長時間を要することやその結果が大ききばらつくなどの容易に解決できない複雑な要因を持つ。過去の多くの研究者によるコンクリートの疲労に関する報告も、それぞれの実験に関しての解析にとどまっていることが多く、本質的なメカニズムの解明が必要である。

そこで、本研究では、破壊に至るまでの全ひずみの変化をいくつかの成分に分解した累積疲労損傷モデルを構築するとともに、既往の実験結果に適応して諸係数を同定するものである。

2. 累積疲労損傷モデルの提案

(1) 提案モデルの概要

繰返し荷重を受けるコンクリートの累積ひずみを疲労（繰返し作用）による残留ひずみ、およびそのサイクルでの弾性応答ひずみの2者の和にまず分解する（図-1）。次に疲労によるひずみ ϵ_f を、①収束安定成分 ϵ_{f1} 、②定常増加成分 ϵ_{f2} 、③末期の加速増加成分 ϵ_{f3} の3成分の和で表されると考える（図-2）。すなわち、全ひずみを ϵ 、疲労によるひずみを ϵ_f 、弾性応答ひずみを ϵ_e とすると、次式のように表現するものである。

$$\epsilon = \epsilon_f + \epsilon_e = \epsilon_{f1} + \epsilon_{f2} + \epsilon_{f3} + \epsilon_e \quad (1)$$

(2) 各成分のモデル化

上記に示した各成分の曲線形を次のように仮定する。

$$\text{①収束安定成分 } \epsilon_{f1} \quad \epsilon_{f1} = \frac{\chi}{a_1 \chi + b_1} \quad (2)$$

$$\text{②定常増加成分 } \epsilon_{f2} \quad \epsilon_{f2} = a_2 \chi \quad (3)$$

$$\text{③加速増加成分 } \epsilon_{f3} \quad \epsilon_{f3} = a_3 \chi^{b_3} \quad (4)$$

ここで、 a_1, b_1, a_2, a_3, b_3 は定数で実験的に定めるものとする。式中の独立変数 χ は、繰返し回数 N と疲労寿命 N_F から、 $\chi = N/N_F$ で与えられる繰返し回数比を示す。

次に、各サイクルでの弾性応答ひずみ ϵ_e は、通例のHookeの法則により、次式で与えられる。

$$\epsilon_e = \Delta \sigma / E_c = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min}) / E_c \quad (5)$$

ただし、弾性係数 E_c が、損傷ひずみ累積とともに低下することが認められるため、これをモデル化する必要がある。

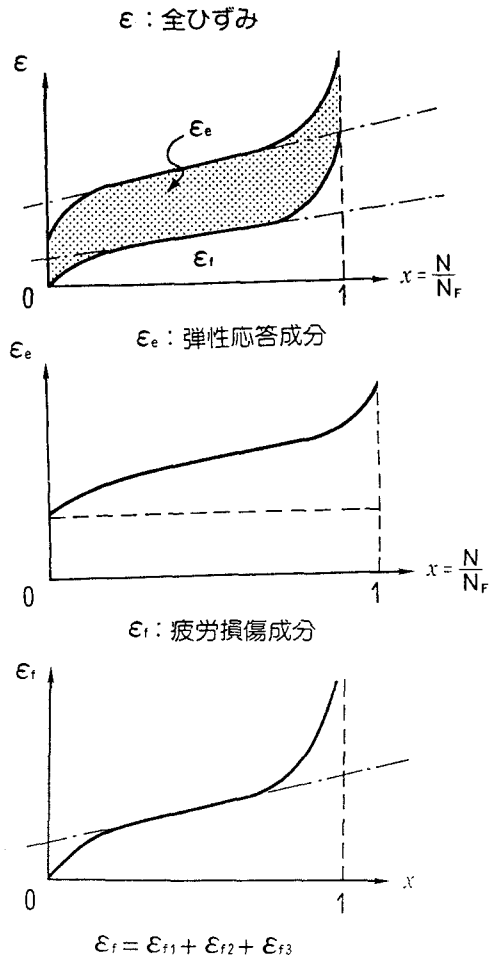


図-1 累積ひずみの分解図

3. 実験結果へのあてはめと諸定数の同定

本研究ではHolmen(1982) [1] による圧縮疲労試験の結果を用いて、諸定数を同定し、本提案への適用性を検討する。

ここで採用した実験結果は、Holmenの実験のうち、Dシリーズ(D22, D23, D24, D25)で、上限応力が $S_{MAX}=0.75$ 、下限応力が $S_{MIN}=0.05$ 、 $f_q=5\text{Hz}$ である。これら4体の供試体の実験条件は全く同じであるが、実験結果のパラツキによって、疲労寿命が $N_F=1.0\sim 5.0\times 10^4$ と大きく異なる。

(図-2)を参考にして、次のような処理を行なった。疲労損傷によるひずみ ε_f を、 $X=0.2\sim 0.8$ の安定領域から直線部分を抽出し、これを ε_{f2} とする。次に残りの成分から、 $d^2\varepsilon_f/dx^2<0$ の部分を ε_{f1} 、 $d^2\varepsilon_f/dx^2>0$ の部分を ε_{f3} とする。そして、3成分に分解後、上記の曲線形をもとに、最小自乗法により諸係数を同定した。

同定した各成分の諸係数を(表-1)に一括して示すとともに、一例(D22)を(図-3)に再現した。

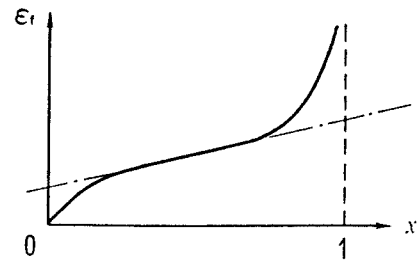
表-1 同定した各成分の諸係数

供試体		D22	D23	D24	D25
回数 N_F		26260	50090	15570	9930
S _{max} 上限 応力	a_1	0.996	0.909	1.05	0.997
	b_1	18.3	20.3	19.3	19.9
	a_3	1.62	1.85	1.84	1.76
	b_3	0.0257	0.0630	0.0399	0.0425
	a_2	0.98	1.07	0.83	0.75
S _{min} 下限 応力	a_1	0.546	0.705	0.941	0.846
	b_1	13.7	22.3	24.2	22.0
	a_3	2.38	3.33	3.06	2.73
	b_3	0.0532	0.0527	0.0527	0.0679
	a_2	0.85	0.78	0.63	0.52

4. まとめ

本研究で提案した、ひずみ成分の分解とこれを適当な曲線形に近似することによって、疲労破壊に至るまでのひずみ変化を忠実に追跡することが可能となった。さらに、同定した定数に対する検討や疲労寿命 N_F との相関性について考察を進める必要があり、今後の課題とする。参考文献 [1] Holmen, J.O: Fatigue of Concrete by Constant and Variable Amplitude Loading, ACI SP-75, pp. 71~110, 1982

ε_f : 疲労損傷成分



$$\varepsilon_f = \varepsilon_{f1} + \varepsilon_{f2} + \varepsilon_{f3}$$

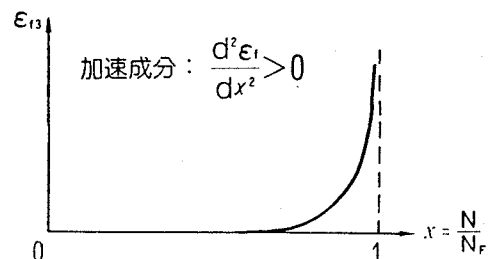
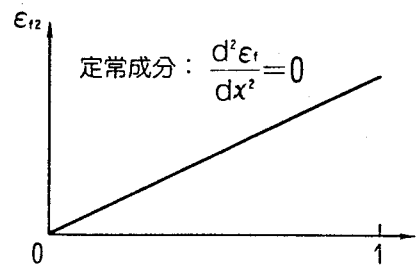
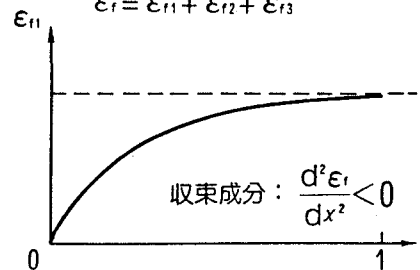


図-2 累積ひずみの分解図

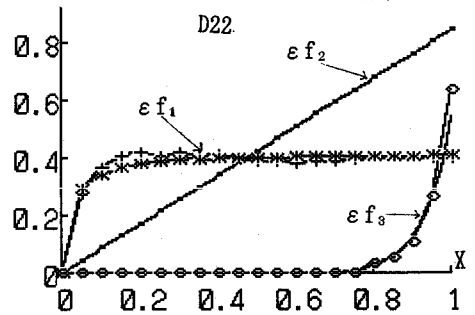


図-3 実験結果の合成図