

ひずみエネルギー指標によるコンクリートの疲労劣化評価の試み

佐賀大学 学生会員 ○松尾真宣

1. 研究目的

赤木¹⁾らがコンクリートの疲労劣化挙動を示す指標として、ひずみエネルギーの変化の利用可能性を検討している。本研究では、更なるデータの蓄積を目的としてプレーンおよび鋼纖維補強（混入率 1.0%）のコンクリートの疲労試験を実施し、ひずみエネルギーの変化を検討した。

2. 実験概要

疲労試験では、スランプ 8±1 cm、空気量 4±1%、目標圧縮強度 60 MPa の配合条件で製作されたプレーンおよび鋼纖維補強（混入率 1.0%）コンクリートの円柱供試体（直径 10 cm、高さ 20 cm）を使用した。疲労試験の仕様は、繰り返し載荷では載荷速度 3 Hz の正弦波形を採用し上限応力比 S（静的強度との比）を 65%～75% に変化させ、供試体のぶれを防ぐために下限荷重 49 kN を与え最大繰り返し回数を 100 万回とした。また、供試体側面に 3 枚のストレインゲージを貼付し、繰り返し回数の増加に伴う 750 回毎のひずみの経時変化を測定した。

3. ひずみエネルギー指標

ひずみエネルギー指標の概念図を図-1 に示す。試験片は OABCFO のひずみエネルギー蓄積容量 (C_0) を持つものと考える。下限から上限応力までの載荷により ABEDA のひずみエネルギー (E_0) を一時に蓄える。繰り返し載荷に伴い残留ひずみが累積し i 回目の載荷で A'B'E'D'A' (E_i) を蓄えることになり、疲労劣化に伴い $E_i > E_0$ で推移する。一方、本研究では、AA' の長さで表される残留ひずみの累積は、繰り返し載荷期間中に点 ABB'A'A で囲まれる面積に相当するひずみエネルギー (E_r) が C_0 から消失するものと考える。また、下限荷重以下は常に載荷されている状態であるので、簡単のため下限荷重以下のひずみエネルギーの変動はないものと考える。よって下限以上の C_0 を C_0' 、 E_0 を E_0' 、 E_i を E_i' とする。残存ひずみエネルギー蓄積容量 (C_r) を(1)式で定義し、 E_i の C_r に対する比 κ をひずみエネルギー指標として(2)式で定義した。

$$C_r = C_0' - E_r \quad (1)$$

$$\kappa = E_i' / C_r \quad (2)$$

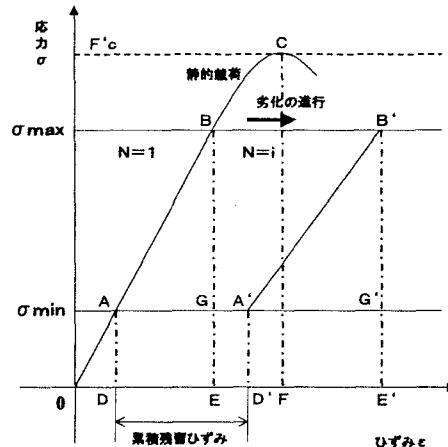


図-1 ひずみエネルギー指標の概念図

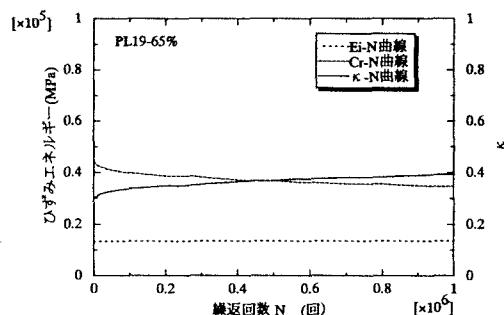


図-2 N と κ の関係 (100 万回)

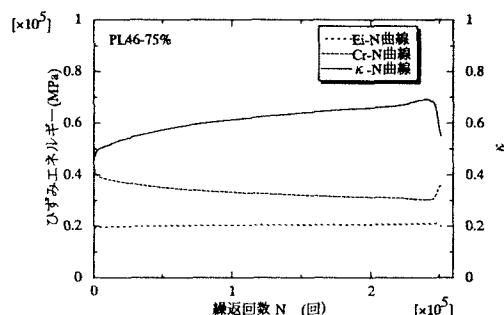


図-3 N と κ の関係 (破壊)

4. 実験結果

図-2、図-3に繰り返し回数Nと C_r およびひずみエネルギー指標 κ の関係の一例を示す。繰り返し回数Nの増加に伴い C_r は減少し、 E_i が漸増していくが C_r の減少が大きいため、 κ は増加していることが読み取れる。 C_r の減少は、繰り返し回数の増加に伴う累積残留ひずみの増加により起こる。 E_i の増加は、繰り返し回数の増加に伴う疲労劣化の進行により、弾性係数が小さくなることにより起こる。 κ の増加は、 C_r の急減と E_i の漸増により起こることになる。ここで採用したひずみエネルギー指標 κ は、繰返し回数の増加に伴う疲労劣化を反映した挙動を与えていていると考えることができる。

図-4にひずみエネルギー指標 κ_n と上限応力比Sの関係を示す。Sの増加に伴い κ_n は増加している。応力振幅が大きくなると蓄積されるひずみエネルギーが大きくなるので当然の現象である。同一応力比において、Sが小さい場合はプレーンに比べSFの κ_n が小さく、破壊に至る場合はSFの方が大きくなっている。これはSF混入によりひずみが大きくなり、それにより C_r が大きくなることによるものだと考えられる。

図-5に κ_n と繰り返し回数Nの関係を示す。N=100万回以前の試験片に着目すると、プレーンでは $\kappa_n=70\%$ の辺りで破壊していることが分かる。SFは $\kappa_n=74\%$ 辺りで破壊することが予想されるが、ばらつきがあり正確に判断することができない。その要因として混入したSFがコンクリートの補強に有効に作用する方向に配向しているSF密度の変動が考えられる。

5. まとめ

コンクリートの疲労劣化を評価する指標として、ひずみエネルギーの変化に着目した指標が有効であることが明らかになった。今後の課題として劣化に伴う C_r 自体の変化と亀裂の表面エネルギーとの関係を導入した線形破壊力学的考察を加えていく予定である。

参考文献

- 1) 赤木 俊之：高強度鋼纖維補強コンクリートの圧縮疲労性状（平成11年度 卒業論文）
- 2) 酒井 洋飛：高強度鋼纖維の圧縮疲労性状（平成10年度 卒業論文）
- 3) 児島孝之：疲労 pp.37-55, 1987

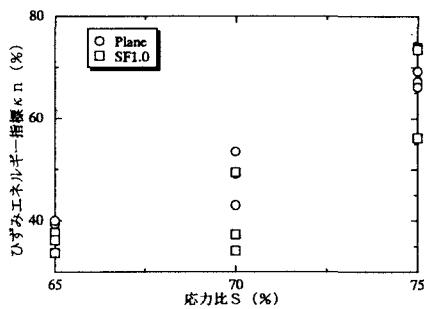


図-4 κ_n とSの関係

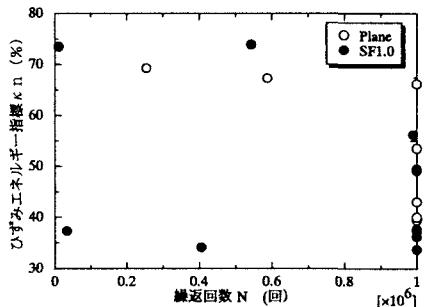


図-5 κ_n とNの関係