

大変位・低サイクル疲労を受けるRC部材の疲労劣化度評価について

○ 九州東海大学 工学部 坂田康德

熊本大学 工学部 大津政康

1. はじめに

近年、気象作用や塩害、交通荷重などの荷重繰返しによる疲労劣化など、種々の環境条件や、設計・施工上の不備に基づくコンクリート構造物の早期劣化から指摘される中で、阪神大震災のような強大な自然エネルギーによって引き起こされる大変位・低サイクル疲労に基づく構造物の急激な疲労劣化が大きな問題となっている。そして、構造物の設計・施工方法に対する地震対策が改めて見直され、また、既設構造物についても全国的に補修、補強工事が施されている。しかしながら、被災構造物の中には応急的に補強工事が施されていても、危険な内部欠陥を残したままの状態での供用されているものも少なからず存在するものと考えられる。このような大変位・低サイクル疲労を受けた鉄筋コンクリート(RC)構造物の劣化度を評価する方法を検討するために、ここでは主に超音波法とAE法を用いてRC部材の曲げ疲労過程における劣化度評価法を実験的に検討した。

2. 実験概要

実験に使用した梁供試体は主鉄筋としてD13異形鉄筋(SD295A)を使用し、また、スターラップとしてφ6mm普通丸鋼(SR235)を使用した。梁の断面寸法は幅15cm、高さ20cm、長さ1.2mあり、支点間距離は103cmとする中央点荷重の

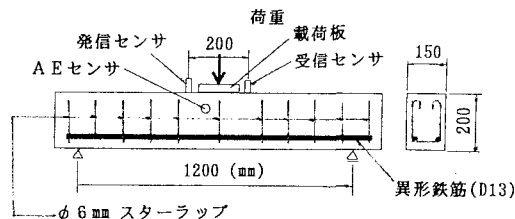


図-1 梁供試体の形状寸法およびセンサ配置状況

繰返し曲げ疲労試験を行った。載荷点には15cm×15cm×3mmの載荷板(鉄板)を置き、コンクリートの上面には、摩擦や不陸を除くため載荷板と梁供試体間に約0.5mm厚のテフロンシートと約2mm厚のゴム板を敷き込んだ。繰返し荷重の最大値は梁の静的破壊荷重の90, 85, 80, 75(%)とし、また、その最小値は5%とした。

試験では、荷重繰返し過程における所定の荷重繰返し後の単位時間(1分間)当たりのAEカウント数と梁圧縮部の周波数領域1~400kHz間の応答スペクトルを測定した。供試体製作に使用したコンクリートは水セメント比50%, スランプ10cmのAEコンクリートであり、標準養生材齢28日における圧縮強度は33.8MPa、割線弾性係数は28.9GPaである。図-1は本実験に使用した供試体の形状寸法と支点、載荷点の位置およびセンサ配置状況を示している。なお、応答スペクトルの測定は発信電圧および受信波増幅率を一定とし、またAE計測は敷居値を64dBとして測定した。

3. 実験結果および考察

RC梁の繰返し曲げ疲労試験で得られる梁圧縮部の応答スペクトルは、繰返し回数の増加に伴ってその応答振

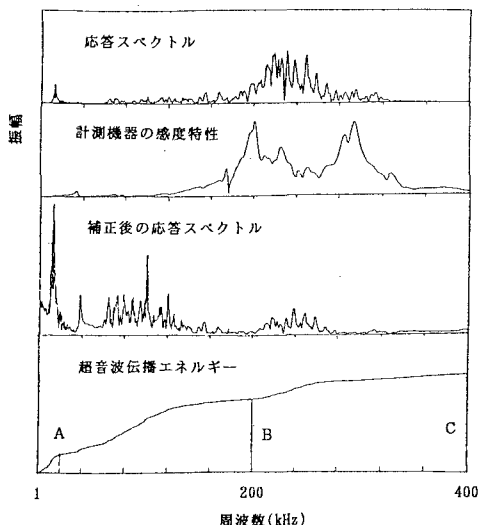


図-2 応答スペクトルより得られる伝達エネルギー曲線

幅が漸次低下することが先の研究で明らかになっている

¹⁾。そこで、応答スペクトルから得られる超音波エネルギー

ギーもまた荷重繰返し回数の増加に伴って漸次低下する傾向にあることが知られている。図-2は、周波数領域1~400 kHz間の応答スペクトルから得られるエネルギー曲線の一例を示している。この曲線における20 kHzと200 kHz、および400 kHzにおける値をそれぞれA、B、Cとし、今回の実験で得られたデータを基に、荷重繰返し回数の増加に伴う低周波数領域のエネルギーAと高周波数領域のエネルギー(C-B)の比 $[E = A / (C - B)]$ を示せば図-3のようになる。多少のバラツキはあるものの、エネルギー比Eは繰返し荷重の増加に伴って漸次低下し、また、荷重レベルが大きいほど急激に低下する様子が判る。これは、曲げ疲労度の増加に伴う部材内部の亀裂の増加によって低周波数領域より高周波数領域の超音波エネルギーが低下し易いためと考えられる。

一方、荷重繰返し過程において得られた単位時間(1分間)当たりのAE振幅分布には、疲労の進行と共にAEカウント数が一応に増加するケースや、振幅の大きいAEが漸次増加するケースなどがあることが知られている¹⁾。このAE振幅分布において、数1

居値付近を中心とするAEカウント数とAE振幅との積を集計して1つの数字で表せば、この値は梁が単位時間に消費する破壊エネルギーを表す指標の1つになるものと考えられる。そこで、これを仮に単位破壊エネルギーと呼ぶことにすれば、図-5は荷重繰返し回数の増加に伴う単位破壊エネルギーの変化状況を、繰返し回数千回を基準に正規化して示したものである。多少のバラツキはあるものの、一部を除けば荷重レベルの高いものほど単位破壊エネルギーは荷重繰返し回数の増加に伴って漸次増加する傾向にあることが認められる。これは荷重レベルが高いほど疲労が進むにつれて破壊が急激に進行し、大きな破壊音が増加するためと考えられる。しかしながら荷重レベルの高い一部のケースにおいてほとんど横這いとなっているのが見られる。これは荷重繰返しの初期においてせん断ひび割れが急激に進行し、センサ取付け位置近傍にまで破壊が及んだため、超音波伝達が阻害されたためではないかと考えられる。

4. 結論

以上のことを要約すると次の様な結論となる。

1) RC梁の曲げ疲労過程における応答スペクトル

より得られる超音波エネルギーでは、高周波数領域のエネルギーほど低下する割合が大きい。

2) 高周波数領域と低周波数領域のエネルギー比は繰返し回数の増加と共に漸次低下する傾向がある。

3) RC梁の曲げ疲労過程における単位時間当たりのAE破壊エネルギーは、荷重レベルが大きいものほど荷重繰返し回数の増加に伴って急激に増加し、荷重レベルの低いものは横這いで推移する傾向がある。

【参考文献】1) 坂田康德, 大津政康: 曲げ疲労を受けるRC部材の応答スペクトルとAE特性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.19, No.1, 1997

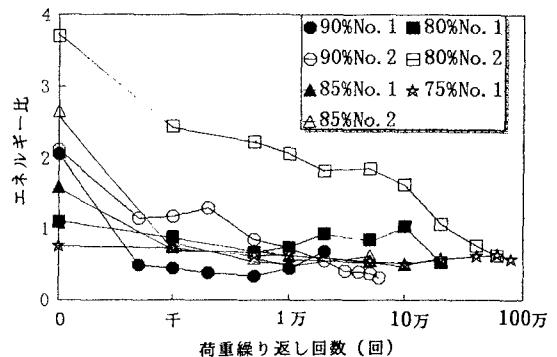


図-3 曲げ疲労に伴う高・低周波数領域の伝達エネルギー比の変化状況

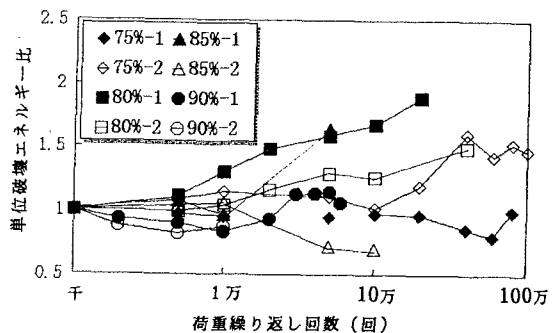


図-4 曲げ疲労に伴う単位破壊エネルギーの変化状況