

V-124 超音波とAEによる大変位・低サイクル疲労を受けるRC部材の劣化度評価

○九州東海大学 工学部 坂田康徳
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、交通荷重の大型化に伴う疲労など、コンクリート構造物の耐久性を阻害する要因が様々と指摘される中で、阪神大震災の様な大きな自然エネルギーによって起こされる大変位・低サイクル疲労を受けて急激に劣化するケースも起こっている。そこで、構造物の地震対策が見直される一方で既設構造物の補修、補強が全国的に施されている。このような比較的急激に疲労劣化を起こす鉄筋コンクリート(RC)構造物の劣化度評価法を検討するため、超音波とAEによる繰返し曲げ疲労を受けるRC部材の劣化度評価法を検討した。

2. 実験概要

実験に供した梁部材は、主鉄筋としてD13mm異形鉄筋(SD295A)を2本使用し、また、スターループとして直径6mm普通丸鋼(SR235)を図-1の様配置した供試体である。梁の断面寸法は幅15cm、高さ20cm、長さ1.2mとし、支点間距離は103cmとする中央点荷重の繰返し曲げ疲労試験を行った。荷重点には15cm×15cm×30mmの荷重板(鉄板)を置き、コンクリートの上面には摩擦や不陸の影響を除くため荷重板と梁供試体間に約0.5mm厚さのテフロンシートと約2mm厚さ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90~75(%)とし、また、その最小値は5%とした。実験では、荷重繰返し過程における所定回数繰返し後の単位時間(1分間)当たりのAECOUNT数と梁圧縮部の周波数領域1~400kHz間の応答スペクトルおよび音速を測定した。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日圧縮強度は33.8MPa、割線弾性係数は28.9GPa程度である。図-1は本実験に使用した供試体の形状寸法と支点、荷重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、疲労試験機からの雑音を避けるため、敷居値を64dBとして測定した。

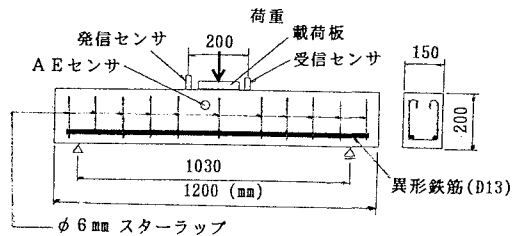


図-1 梁供試体の形状寸法およびセンサ配置状況

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応答スペクトルは、繰返し回数の増加に伴って漸次低下することが先の研究で明らかになっている。そこで、応答スペクトルから

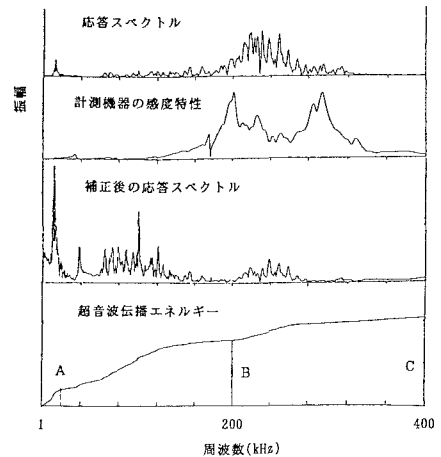


図-2 応答スペクトルより得られる伝達エネルギー曲線

キーワード：超音波，AE，疲労，劣化，評価，応答スペクトル

連絡先(熊本市渡鹿9丁目1-1, Tel.096-386-2704, Fax.096-386-2759)

得られる超音波エネル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。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, 200, 400 (kHz)における値をそれぞれA、B、Cとし、荷重繰返しの増加に伴う低周波数領域と高周波数領域のエネルギー比 $E=A/(C-B)$ を示せば図-3の様になる。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増加し、また荷重レベルが大きいほど急激に増加する様子が判る。これは疲労劣化に伴う超音波伝播エネルギーが高周波数領域ほど早く振幅低下を起すためと考えられる。

一方、A/E計測の結果では荷重レベルが大きいほど急激に単位時間当たりのAEカウント数が増加する傾向があり、また、その振幅分布には疲労の進展に伴って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があることが知られている。このAE振幅分布を定量化するため、 Σ (振幅×AEカウント数) を求めれば、この値は梁が単位時間(1分間)に消費する破壊エネルギーを表す指標の1つになると考えられる。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-4は荷重繰返し回数の増加に伴う各供試体の単位破壊エネルギーの変化状況を示している。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AEエネルギーは漸次増加の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、荷重レベルの高いものの一部にほとんど横這いとなっているのも見られる。これは荷重繰返しの極初期において破壊が急激に進行し、センサ取付け位置近傍にまで破壊が及んだためAEエネルギーの伝達が阻害されたためではないかと考えられる。

図-5は、荷重繰返し過程における梁圧縮部の超音波伝播速度の変化状況を載荷前の値に対する比で示している。図より音速においても荷重レベルが高いほど急激に低下し荷重レベルの低いものは横這いで推移する傾向が認められる。しかしながら、超音波伝達エネルギーに比較して荷重繰返し回数の増加に対する変化率は若干小さい様である。

4. 結論

以上の結果を要約すると次の様な結論となる。

- 1) 荷重繰返し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は高周波数領域ほど低下の割合が大きい。
- 2) 高周波数領域と低周波数領域の超音波エネルギー比 $[A/(C-B)]$ は、荷重繰返し回数の増加と共に漸次増加する傾向がある。
- 3) 荷重繰返し回数の増加に伴う単位時間当たりのAE破壊エネルギーは、荷重レベルが極端な場合を除いて荷重レベルが大きいほど急激に増加する傾向がある。
- 4) 超音波伝播速度はRC部材の疲労劣化指標として使える。

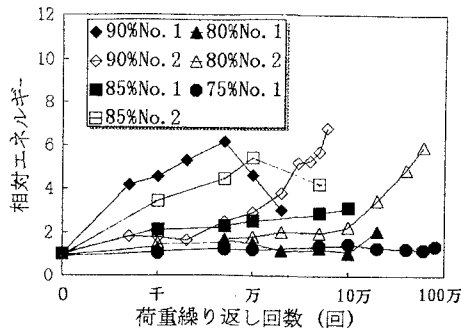


図-3 曲げ疲労過程における梁圧縮部の相対エネルギー $[A/(C-B)]$ の変化状況

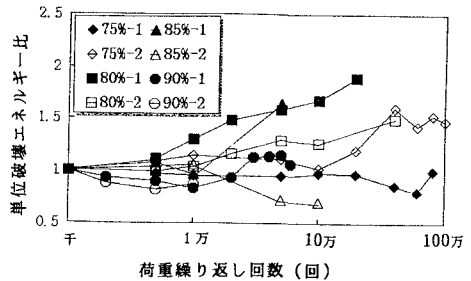


図-4 曲げ疲労に伴う単位破壊エネルギーの変化状況

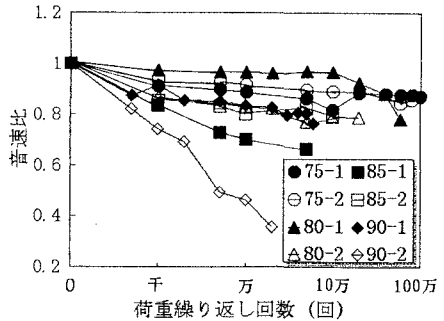


図-5 曲げ疲労過程における梁圧縮部の超音波伝播速度の変化状況