

V-205

曲げ疲労を受けるRC梁のAE特性と応スペクトルについて

九州東海大学工学部 正会員 坂田康徳

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性保持に伴う維持管理の問題は、コンクリート工学における重要な課題の1つである。コンクリート構造物の劣化原因は種々考えられるが、特に重交通の増加に伴う橋梁上部工の疲労劣化は重大事故に繋がりがかねない危険性をはらんでいる。このような事故を未然に防ぐには、疲労を受ける構造物の疲労の程度を把握し、余寿命の予測と適切な補修補強を施すことが必用不可欠である。本研究は、超音波スペクトロスコピー法とAE法を用いて、繰り返し曲げ荷重を受ける鉄筋コンクリート(RC)梁の曲げ疲労に伴う劣化度評価の可能性を実験的に検討したものである。ここでは、RC梁の繰り返し曲げ疲労に伴う応答スペクトルとAEイベント発生数に着目して、その劣化度評価の可能性を検討した。

2. 実験概要

実験に使用したRC梁は、幅15cm、高さ20cm、長さ1.2mで、主鉄筋として直径13mmの異形鉄筋(SD295)を2本配置し、スターラップとして10番線2本1組を5cm間隔に配置した梁と主鉄筋のみ配置した梁の2種類とした。なお、コンクリートは水セメント比60%、スランプ約12cmのものを使用した。図-1はそれらの梁の断面寸法と鉄筋配置状況を示している。

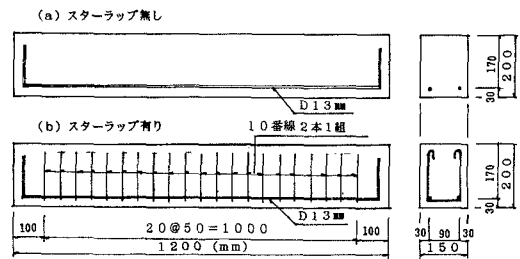


図-1 使用した供試体(梁)の種類とその寸法

繰り返し曲げ試験は、図-2に示す様に支点間距離1.03mとする左右対称の2点荷重曲げ試験であり、その最大荷重は静的破壊荷重の約85%、75%、65%として50万回を限度に行った。梁には図-2に示す様に軸線方向に(a),(b),(c)3対(6個)のAEセンサを取り付け、繰り返し曲げ疲労に伴うAE計測と応答スペクトルを測定した。(a)では単位時間(1分間)当りのAEイベント発生数と一次元AEローケーションを、また(b)では梁圧縮部における周波数領域0-400kHz間の応答スペクトルを、そして(c)では梁引張り部における0-30kHz間の応答スペクトルを測定した。AE計測では疲労試験機からの雑音を避けるため敷居値75dBとして行った。また、応答スペクトルの測定では、発信電圧および受信波増幅率を一定とし、荷重を除荷して測定した。なお、AEセンサはコンクリートの表面粗度の影響を極力避けるためコンクリート表面に15x15x2mmのガラス板を貼り付けた後取り付けた。

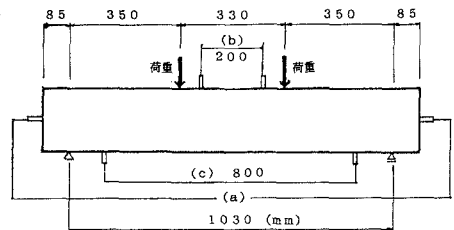


図-2 支点、荷重点およびAEセンサの配置状況

3. 結果および考察

図-3は荷重繰り返し回数の増加に伴う1分間当たりのAEカウント数の変化状況を示している。スターラップの有無にかかわらず、単位時間当たりのAE発生数は荷重繰り返しの初期(千回付近)において比較的少なく、荷重繰り返しがある程度進んだ段階(以後、これを中期と呼ぶ)において横這いまたは若干増加

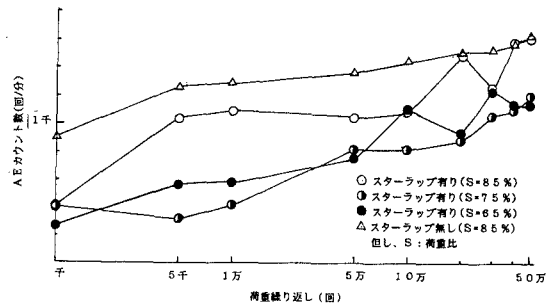


図-3 疲労試験過程における単位時間(分)当りのAEカウント数の変化状況

の傾向で推移し、さらに疲労が進むとA E発生数が増加に転じる傾向にあることが判る。また中期におけるA E発生数は概略的に見て載荷荷重比 $S(\%)$ が大きいくほど大きくなる傾向が見られる。本実験では50万回を限度に疲労試験を行ったので、ここでは最終的な疲労破壊付近での様子は観察できなかった。

図-4はスターラップのある梁における部材軸方向の1次元A Eロケーションの一例を示している。梁のひび割れ発生位置とA Eロケーション分布の関係は相対的にほぼ一致しているようであるが、ひび割れのない部分でもかなりのA Eが発生しているのが判る。これは、鉄筋の伸縮に伴うコンクリートとの摩擦やコンクリート圧縮部における微小破壊の影響、支配的ひび割れの発生に基づく位置評定の機械的誤差、支点、載荷点での摩擦の影響等が考えられる。

図-5は、梁引張り側(c)における荷重繰り返しの増加に伴う応答スペクトルの変化状況の一例を示している。載荷前に比べて、荷重繰り返し千回の応答スペクトル振幅は急激に低下し、またピーク周波数も大きく低下している。そして、その後の応答スペクトル振幅の分布とピーク周波数の変化は少ないが、荷重繰り返しの増加と共に徐々に低下しているのが判る。これは、荷重繰り返しの極初期の段階における支配的なひび割れの発生に基づく部材内部の幾何形状の変化と剛性の低下、および荷重繰り返しの増加に伴う材料疲労に関係するものと考えられる。

図-6は、スターラップを有する梁の圧縮部(b)における周波数領域0-400kHz間の応答スペクトルより求めた荷重繰り返しの増加に伴う伝播波エネルギーの変化状況を、荷重繰り返し千回での値に対する比($\%$)で示している。若干のばらつきはあるものの、荷重繰り返しの増加に伴うエネルギー低下率は繰り返し荷重比 S の増加に伴って大きくなるが判る。これは荷重繰り返しの増加に伴って圧縮部コンクリート内部に微小ひび割れが増加するので、超音波が伝播し難くなるためと考えられる。

4. 結論

以上のことより、次のような結論が得られる。

1) 梁の疲労過程における単位時間当たりのA E発生数は初期において比較的少なく、中期において横這いまたは若干増加の傾向で推移し、疲労が進むにつれて次第に増加の割合が大きくなる。2) 梁の1次元A Eロケーション分布はひび割れの位置とほぼ一致する。3) 疲労過程における部材の応答スペクトルには、疲労の影響と考えられるスペクトル振幅やピーク周波数あるいは伝播波エネルギー等の変化が見られる。4) それ故、A E特性や応答スペクトルを用いて疲労を受けるRC部材の劣化度評価が可能であると考えられる。

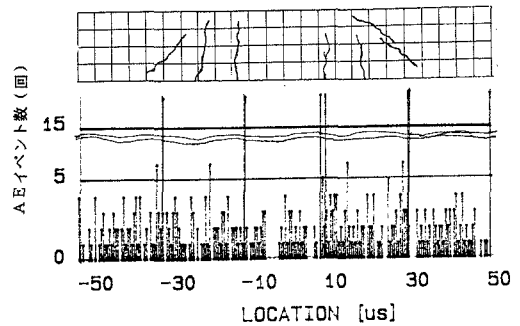


図-4 梁に生じたひびわれとA Eロケーションの関係の一例

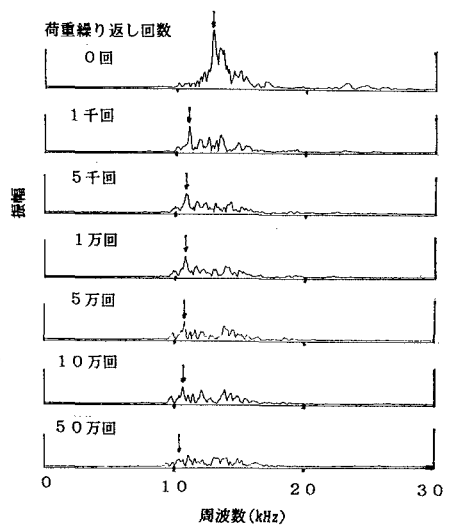


図-5 疲労過程における梁引張り部の周波数領域0~30kHz間の応答スペクトル変化状況の一例

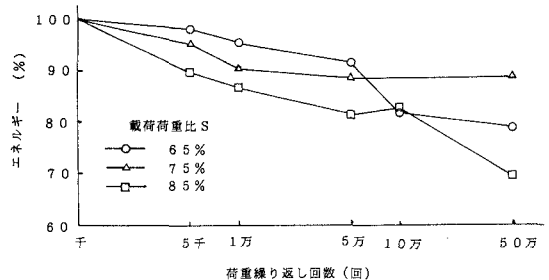


図-6 梁圧縮部における荷重繰り返しの増加に伴う伝播波エネルギーの変化状況