

疲労劣化に伴うRC梁のAE特性と応答スペクトルについて

九州東海大学工学部○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構造物の維持管理の問題は、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塩害やアルカリ骨材反応、凍結融解作用、設計、施工上の不手際、交通量の増加など様々であるが、特に重交通量の増加に伴う橋梁上部工の疲労劣化は重大事故に繋り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と余寿命の予測が重要、不可欠と考えられる。本研究は、超音波スペクトロスコピー法とAE法を用いて、繰返し曲げ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梁の繰返し曲げ疲労に伴う応答スペクトルとAEイベント発生頻度に着目して、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、主鉄筋として直径13mmの異形鉄筋(DS30)を2本配置し、スターラップとして4号番線2本1組を10cm間隔に配置した梁と主鉄筋のみを配置した梁の2種類である。図-1はそれら梁の寸法と鉄筋配筋状況を示している。繰返し曲げ試験は図-2に示すような2点荷重の単純曲げ試験であり、その繰返し荷重の最大値は静的破壊荷重の85、75、65(%)とした。本試験では梁軸方向の1次元AEロケーションと単位時間当りのAEカウント数、および、梁上下面での応答スペクトルである。図-2は本試験における支点、荷重点とAE、応答スペクトルの計測位置を示している。図中(a)はAE計測、(b)は周波数領域0~400kHz間の応答スペクトル、(c)は周波数領域0~30kHz間の応答スペクトルの測定位置を示している。AE計測では疲労試験機からの雑音を除去するため数値75デシベルで測定した。応答スペクトルの測定では終始発信及び受信センサを固定的に取り付け、また発信電圧および受信波増幅率を常に一定にして測定した。使用したセンサは全てAEセンサ(AE-905s)であり、その取り付けではコンクリートの表面粗度の影響を極力避けるため供試体表面に15×15×2mmのガラス板を貼付け、その上にAEセンサを取り付けた。なお、応答スペクトル測定時には全て荷重を除荷した。梁の製作に使用したコンクリートは水セメント比60%，スランプ12cmの普通コンクリートである。

3. 実験および考察

図-3は、荷重繰返し回数の増加に伴って発生する1分間当りのAEカウント数の変化状況を示している。この図より、スターラップが有る、無しにかかわらず、単位時間当りのAEカウント数は、荷重繰返し回数の初期(千回付近)においては比較的小さく、荷重繰返しがある程度進んだ(5千~1万回以降)中期では横這いまたは若干増加する程度で推移し、さらに疲労が進むとAEイベント発生頻度が増加に転じることが判る。また、中期におけるAEイベント発生数は、概略的に見て繰返し荷重が大きいほど大き

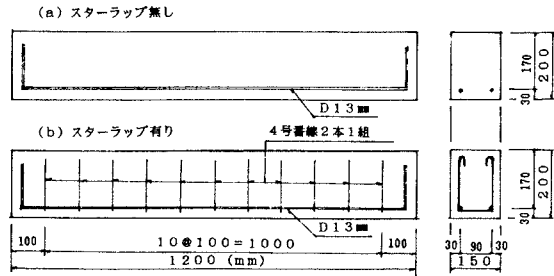


図-1 使用した供試体(梁)の種類とその寸法

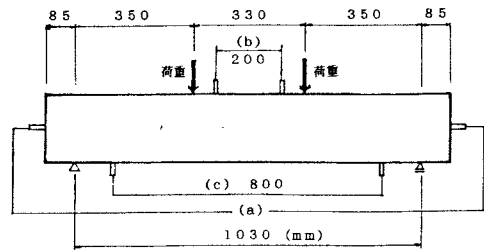


図-2 支点、荷重点およびAEセンサの配置状況

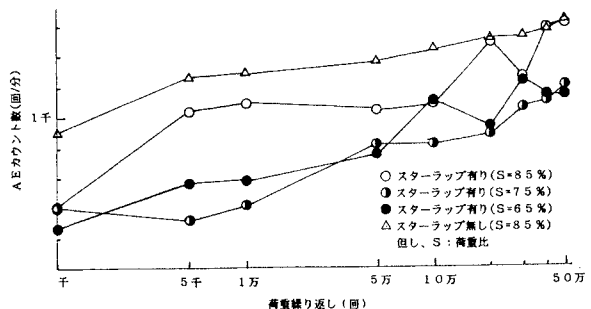


図-3 疲労試験過程における単位時間(分)当りのAEカウント数の変化状況

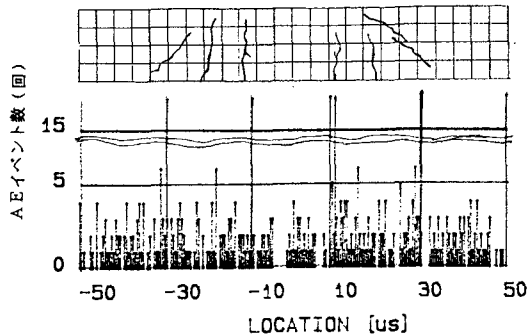


図-4 梁に生じたひびわれとAEロケーションの関係の一例

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なったので、ここでは最終的な疲労破壊付近での様子は確認出来なかった。このAEイベントは繰り返し荷重の極初期の段階における支配的ひびわれの発生に伴う力学的均衡と繰り返し応力による材料内部での微小破壊、ひびわれの進展とひびわれ面での摩擦、鉄筋の伸縮に伴う付着面での鉄筋とコンクリートとの摩擦等に絡んで起るものと考えられる。

図-4は、スターラップのある梁における部材軸方向の一次元AEロケーションの一例を示している。梁のひびわれ発生位置とAEロケーションの関係は相対的にほぼ一致しているが、ひびわれの見られないところにもAEがかなり発生しているのが判る。これは支点、載荷点での摩擦の影響や、コンクリート圧縮部におけるAEの発生、鉄筋の伸縮に伴うコンクリートとの摩擦によるAEの発生、あるいは大きなひびわれの存在に伴うAE位置評定の機械的誤差と考えられる。

図-5はコンクリート圧縮部表面における荷重繰り返しの増加に伴う周波数領域0~400 kHz間の応答スペクトルの一例を示している。応答スペクトル振幅は荷重繰り返しの増加に伴って次第に小さくなるのが判る。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われが増加し、超音波が伝播し難くなるためと考えられる。

図-6は、引張側コンクリート表面における荷重繰り返しの増加に伴う周波数領域0~30kHz間の応答スペクトルの一例を示している。載荷前に比べて1000回載荷後以降の応答スペクトル振幅は急激に低下し、また、矢印で示すピーク周波数も大きく低下しているのが判る。これは、繰り返し荷重の載荷初期における支配的なひびわれの発生による部材内部の幾何形状の変化と剛性低下によるものと考えられる。また、荷重繰り返し回数1000回以降の応答スペクトルにはその振幅に大きな変化は見られないが、荷重繰り返しの増加に伴ってスペクトル振幅、ピーク周波数共に徐々に小さくなっており、疲労の影響が現われているものと考えられる。

4. 結論

以上のことを要約すると、1)梁の疲労過程における単位時間当りのAEイベント数は、疲労の初期においては少なく、中期においては横這いか若干増加する程度であるが、疲労が進むにつれて次第に増加の度合いが大きくなる。2)梁の疲労過程におけるひびわれ位置と一次元AEロケーション分布はほぼ一致する。3)疲労に伴う梁の圧縮部および引張部における応答スペクトルには、疲労の影響と考えられる応答スペクトル振幅やピーク周波数の変化が見られる。4)これらのことより、AEや応答スペクトルを用いて疲労を受ける部材の劣化度評価がある程度可能であると考えられる。

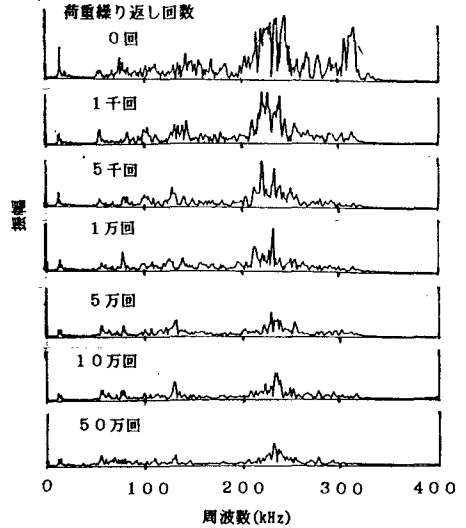


図-5 疲労過程における梁圧縮部の周波数領域0~400kHz間の応答スペクトル変化状況の一例

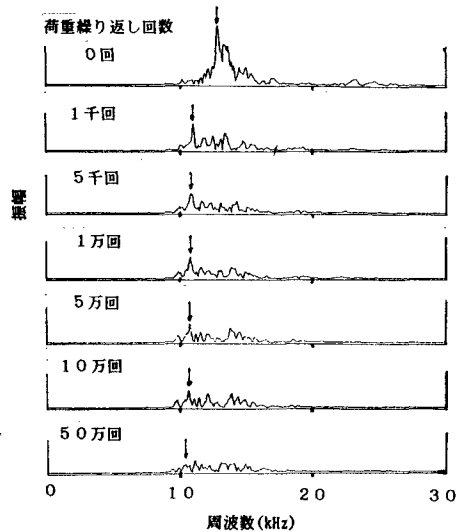


図-6 疲労過程における梁引張部の周波数領域0~30kHz間の応答スペクトル変化状況の一例