

曲げ疲労に伴うRC部材のAE特性と応答スペクトルについて

○ 九州東海大学 学生会員 坂本光宏
九州東海大学 正会員 坂田康徳
熊本大学 正会員 大津政康

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性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要因は種々あるが、中でも急激な車両交通の増加に伴う橋梁部材の疲労劣化は深刻であり、重大事故に繋がりがねない危険性ををはらんでいる。このような事故を未然に防止し、安全性を保持するため、疲労を受ける構造物部材の疲労劣化度評価法の開発が不可欠である。本研究は、超音波スペクトロスコピー法とAE法を用いて鉄筋コンクリート(RC)構造物の疲労劣化度評価を行うために、繰り返し曲げ疲労を受けるRC部材の劣化度評価法について検討したものである。

2. 実験概要

実験に使用したRC梁供試体は幅15cm、高さ20cm、長さ120cm、主鉄筋として直径13mmの異形鉄筋(SD295)を2本使用し、また、スターラップとして直径約4mmの番線を2本1組で10cm間隔で配置したものである。梁の製作に用いたコンクリートは水セメント比60%、スランプ12cm、圧縮強度約270kgf/cm²のAEコンクリートである。梁の繰り返し曲げ疲労試験では、中央軸対象の2点載荷とし、その繰り返し荷重の最大値は、梁の静的破壊荷重の約75, 80, 85%とした。図-1は、本実験に使用した梁供試体の形状寸法とAEセンサ取付け状況を示している。本実験では、繰り返し曲げ疲労に伴う梁圧縮部のコンクリートの材料劣化や梁引張り部でのひび割れや鉄筋の付着離れ等が部材の疲労に及ぼす影響を調査するため、AE特性と応答スペクトルを測定すると共に、梁圧縮部の残留ひずみを測定した。図-1中の(a)では、所定の荷重繰り返し後の単位時間(1分間)当たりのAEカウント数を測定した。また、(b)と(c)では周波数領域1~20kHz間と1~400kHz間の応答スペクトルを測定した。応答スペクトルと残留ひずみの測定は、所定の荷重繰り返し後、荷重を除荷して行った。なお、所定の荷重繰り返し回数とは、繰り返し回数0, 千, 5千, 1万, 5万, 10万, 50万, 100万, 150万, 200万, 250万の各回数をいう。AE計測では、疲労試験機からの雑音を除去するため敷居値を81dB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にして行った。

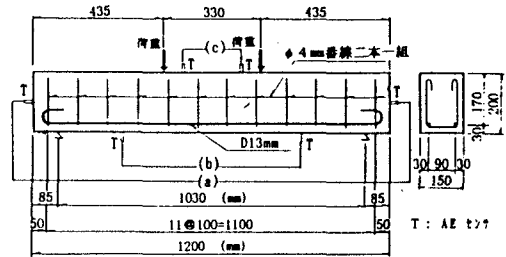


図-1 梁供試体の形状寸法とセンサ配置条件

3. 結果および考察

図-2は、荷重繰り返し回数1000回における単位時間当たりのAEカウント数に対する各所定回数繰り返し後の相対AEカウント数の変化状況を示している。若干のバラツキはあるが、相対的に荷重レベルが大きいものほど疲労に伴うAE発生数が多くなり、少ない荷重繰り返して破壊に至ること、荷重レベルが小さくて長い間荷重繰り返しに耐えるものほど相対AE発生数の変化が少なく、横這い状態が続くことが判る。これは、梁の曲げ耐力に対して荷重レベルが大きいほど部材の劣化が早く進行し、破壊に至るためと考えられる。

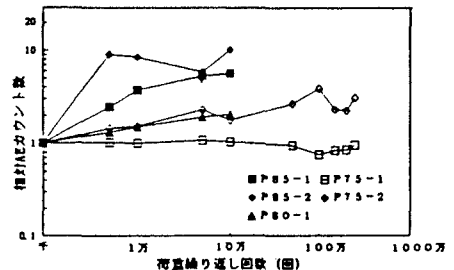


図-2 単位時間当たりの相対カウント数の変化状況

図-3(a), (b)は、荷重繰り返し回数の増加に伴う荷重レベル75%と80%のケースにおけるAE波の振幅分布の変化状況を示している。荷重レベルが低い場合には荷重繰り返し回数の増加に伴うAE波の振幅分布も比較的变化が少ないのに比べて、荷重レベルが大きくなるとAE波の振幅分布に大きな変化がみられ、

荷重繰り返しの増加に伴って振幅の大きいAEが多くなることが判る。これは、部材の疲労の進行に伴って大きな破壊が起こるためと考えられる。しかしながら、振幅分布の形態には幾つかのケースがみられ、これは梁の破壊形態が曲げ破壊やせん断破壊の相違によるものと考えられる。

図-4は荷重繰り返しの増加に伴う梁圧縮部の周波数領域1~40.0 kHz間の補正前の応答スペクトルから得られた超音波の相対エネルギーの変化状況を示している。ここでは、荷重繰り返し回数1000回での値を100(%)としている。全体的に超音波エネルギーは荷重繰り返し回数の増加に伴って次第に低下する傾向があることが判る。これは、荷重の繰り返しによって梁圧縮部のコンクリート内部に微細なひび割れが進行し、超音波が伝播し難くなるためと考えられる。また、荷重繰り返しに対して少ない繰り返し回数で急激にエネルギーが低下して破壊に至るものと、長い間耐えているものがあることが判る。この長期間耐えているものの中には、中程度の荷重繰り返しまでは漸次低下、または、横這いで推移するが、その後、急激に低下して破壊に至っているものもある。いずれにしても破壊が近づくとき超音波エネルギーは急激に低下するものと考えられる。

図-5は、荷重繰り返し回数の増加に伴う梁圧縮部の残留ひずみの変化状況を示している。荷重繰り返し回数の増加に伴って残留ひずみも漸次増加する様子が判る。図中、荷重繰り返しの増加に伴ってひずみ増加の割合が直線的に推移するもの、増加の途中でその勾配が大きくなるもの、ひずみ増加の傾斜角が小さいものと大きいものなどがあることが判る。これは、比較的早期に破壊するものがせん断破壊が多く、長期間耐えるものは曲げひび割れが発達していることから、荷重繰り返し過程におけるひび割れ進展状況に伴う梁の破壊形態によるものと考えられる。

4. 結論

以上のことを要約すると次のような結論となる。

- (1) 単位時間当たりのAEイベント発生数やAE波形の振幅分布は部材の疲労度に伴って増加する傾向がある。
- (2) 梁圧縮部の相対超音波エネルギーは、疲労の初期において急激に低下し、中期においては横這い、または、漸次低下し、破壊が近づくに従って再び急激に低下する傾向がある。
- (3) 曲げ圧縮部のコンクリートの残留ひずみは、疲労と共に増加する。
- (4) これらのことより、AEや応答スペクトルを用いてRC部材の曲げ疲労劣化をおおよそ評価できるものと考えられる。

〔謝辞〕本研究の推進に当り、終始、共に協力して御努力を賜りました本学4年の田上祐一氏と渡辺大晃氏に心より感謝申し上げます。

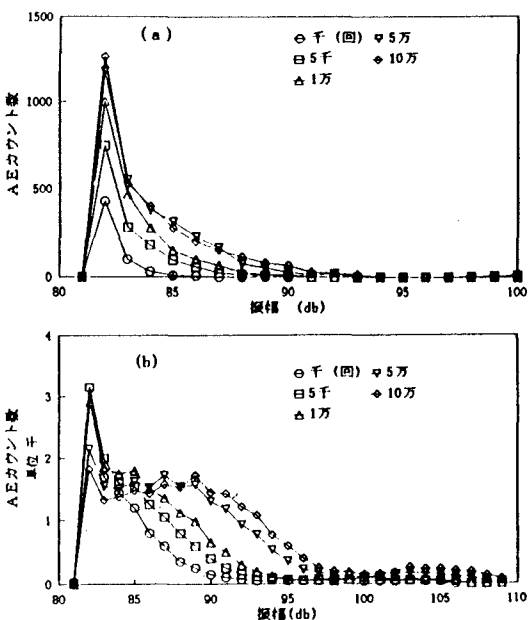


図-3 AE振幅分布の変化状況の一例

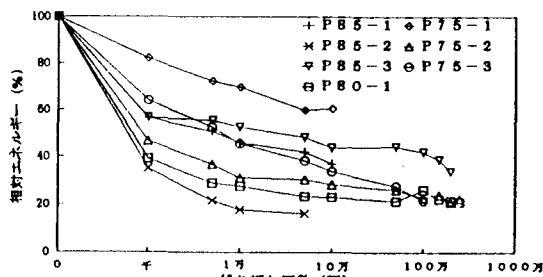


図-4 梁圧縮部の周波数領域1~40.0 kHz間の超音波エネルギーの変化状況

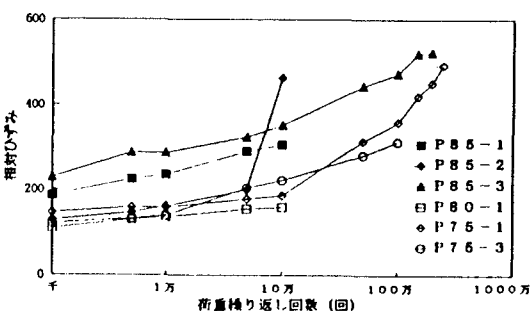


図-5 梁圧縮部の残留ひずみの変化状況