

○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が大きな社会問題となっている中で、特に、近年における急激な車両交通の増加に伴って疲労劣化が進行している橋梁部材や、震災を被った構造物の中には、大きな危険性をはらんだものも含まれている可能性がある。このような構造物を長期に亘って安全に使用するためには、その構造物の疲労の程度を非破壊的に調査して維持管理を行うことが重要である。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

実験に使用した供試体は、幅15cm、高さ20cm、長さ120cmの鉄筋コンクリート（RC）梁であり、主鉄筋としてD13mm異形鉄筋（SD295）2本を使用したものである。この梁では、スターラップとして直径約4mmの番線を2本1組で10cm間隔に配置した。梁の繰り返し曲げ疲労試験は中央軸対象の2点荷重とし、その際の繰り返し荷重の上限値は、梁の静的破壊荷重の約75、80、85%、下限値は6%とした。本実験では、繰り返し曲げ疲労に伴うRC部材の劣化度評価を行うために、梁圧縮部と引張り部において応答スペクトルを測定すると共に、単位時間当たりのAEと梁圧縮部の残留ひずみを測定した。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。

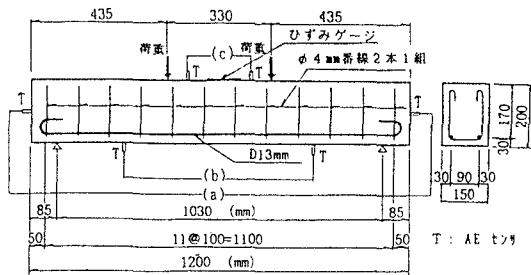


図-1 梁供試体の形状寸法とセンサ配置状況

図中の(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より、AEカウンタ数の変化と位置評定、およびAE波振幅分布を調査した。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、これより超音波エネルギーを求めた。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千、5千、1万、5万、10万、50万、100万、150万、200万、250万の各繰り返し回数をいう。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。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26.5MPaのAEコンクリートである。

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カウンタ数に対する各所定回数繰り返し後の相対AEカウンタ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荷重繰り返し回数の増加に伴うAE発生数が多くなり、少ない荷重繰り返しで破壊に至ること、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などが判る。これは、繰り返し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。

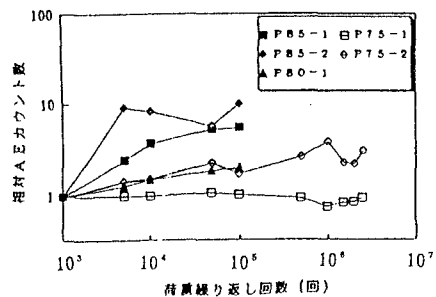


図-2 単位時間当たりの相対AEカウンタ数の変化状況

図-3(a),(b),(c)は、荷重繰り返し回数の増加に伴う荷重レベル85, 80, 75(%)におけるA E波の振幅分布の変化状況を示す一例である。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A E波の振幅分布も比較的变化が少ないのに対して、荷重レベルが大きくなるとA E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A Eが多くなるものや、振幅分布が一様に増大するものなどがあることが判る。これは、荷重レベルや梁の破壊形態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1~400kHz間の応答スペクトルから得られた超音波エネルギーの、荷重繰り返し回数1000回での値に対する相対エネルギーの変化状況を示している。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、少ない荷重繰り返し回数で急激にエネルギーが低下するものや長期間耐えているものがあること等が判る。そして、この長期間耐えているものの中には、荷重繰り返しの中期では漸次低下または横這いで推移するが、破壊に近づくに従って再び低下する方向に転じる傾向が見られる。

なお、ここでは曲げ疲労過程における梁圧縮部の残留ひずみの変化状況は示されていないが、荷重繰り返し回数の増加に伴う梁圧縮部の残留ひずみは漸次増加する傾向があり、また、載荷荷重レベルが大きいほど急激に増加し、早く破壊に至る傾向が見られた。これは単位時間当たりのA Eカウント数の変化と類似しており、残留ひずみも部材の疲労度を表す指標の1つとな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A Eイベント発生数やA E波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) 曲げ疲労を受けるRC梁の荷重繰り返し回数の増加に伴う単位時間当たりのA Eカウント数や超音波エネルギーの変化状況は、梁の曲げ疲労度に関係していることが判った。それ故、A Eと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と考えられる。

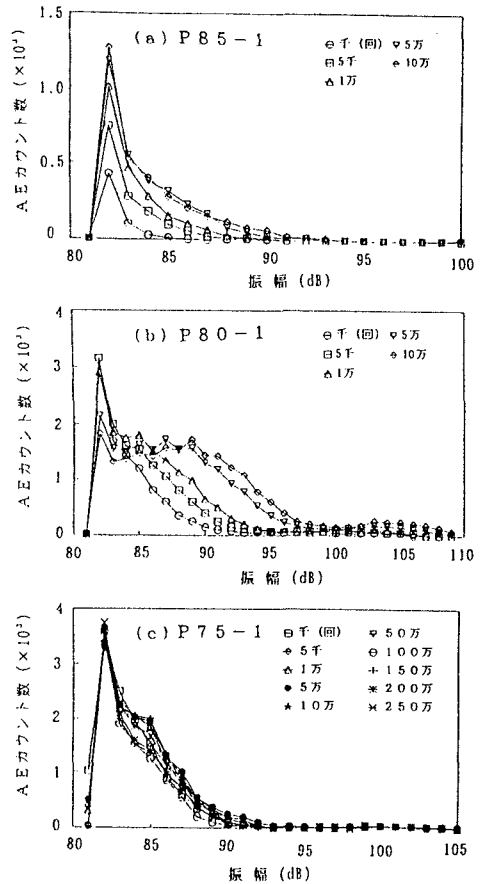


図-3 荷重繰り返し回数の増加に伴うA E波振幅分布の変化状況

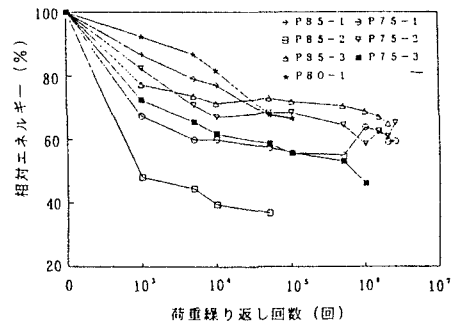


図-4 荷重繰り返し回数の増加に伴う梁圧縮部の周波数領域0~400kHz間の相対エネルギーの変化状況