

[99] コンクリートのアコースティック・エミッション特性に関する研究

正会員 山本 俊彦 (東急建設技術研究所)

正会員 〇大岡 督尚 (東急建設技術研究所)

1. はじめに

本研究は、アコースティック・エミッション (以下、AEと略記) 手法を利用したコンクリート構造物の劣化診断システムの確立を目的としたものであり、今回は鉄筋コンクリート梁の静的交番繰返し載荷実験時に計測したAE特性について報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体の形状寸法を図-1に示す。使用したコンクリートは、スランプ16.7cm、空気量4.1%、圧縮強度208kg/cm²、静弾性係数 $2.15 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ である。また、使用した鉄筋の材料試験結果を表-1に示す。

2.2 載荷方法

載荷方法は、単純梁形式であり、柱型から両端へ跳ね出した梁支持端での相対変位制御による正負交番繰返し載荷とし、図-2に示すようなサイクルで載荷した。

2.3 AE計測装置

1) 変換子 : 150KHz 共振型 (P Z T圧電素子)

2) プリアンプ : 増幅度40dB/60dB 可変型

周波数帯域 20KHz~1.2MHz

3) AE計測機 : 増幅度20dB~60dB

周波数帯域 1.2KHz~1.2MHz

計測データ (最大振幅、立上がり時間、持続時間、リングダウンカウント、エネルギー、到達時間差他)

2.4 AE計測方法

プリアンプで40dB、メインアンプで20dB増幅し、しきい値を60dB (センサー出力換算値100μV) に設定して計測を行った。

センサーは両端に突起している4本の主筋の切断面すべてに取り付け、主筋の両端に取り付けた2つのセンサー間 (1-2ch, 3-4ch, 5-6ch, 7-8ch) で直線位置標定を行いながら計測した。

3. 実験結果および考察

3.1 AEイベント発生数

図-3、図-4は横軸に時間、たて軸には50秒ごとのAEイベント発生数 (ヒストグラムで表示) と荷重 (折線グラフで表示) を示したものである。今回のAE計測では、4組の直線位置標定上でそれぞれAEイベントを認識しており、これらの図のAEイベント発生数は、それら4つのAEイベントを合計したものである。このため、1つのAEを重複して数えている部分もある。図中、荷重が一定で、AEイベントが発生していない部分があるが、これは試験体のひびわれ調査のため荷重をホールド状態にし、AE計測も中断している部分である。

これらの図をみると、全サイクルにおいて、載荷時・除荷時ともにAEが発生している。載荷時に発生したAEは主として、ひびわれの発生・進行時のAE、主筋がすべる時に発生するAE、コンクリートの圧壊時に発生するAE、および逆方向の載荷時に発生したひびわれが閉じる時に発生するAEなどが考えられる。また、除荷時に発生したAEは、ある程度荷重が下がってから多くのAEが発生していることから、ひびわれが閉じる時に発生する

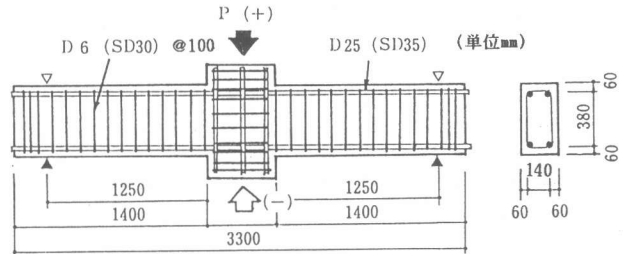


図-1 試験体形状寸法

表-1 鉄筋の材料試験結果

鉄筋の種類	降伏点 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	静弾性係数 (kg/cm ²)
D25	3720	5560	1.86×10^6
D6	3070	4920	1.71×10^6

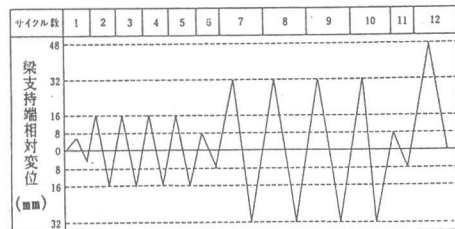


図-2 載荷サイクル

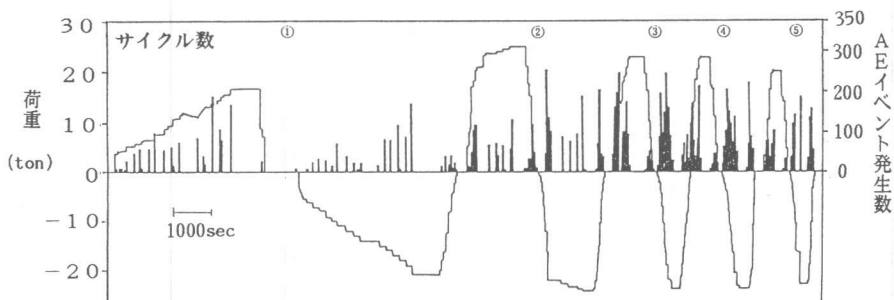


図-3 荷重とAEイベント発生数との関係(1サイクル~5サイクル)

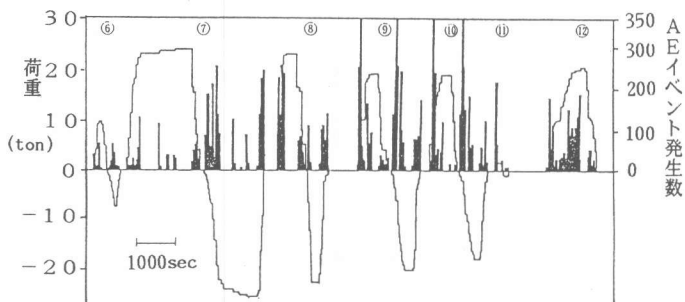


図-4 荷重とAEイベント発生数との関係(6サイクル~12サイクル)

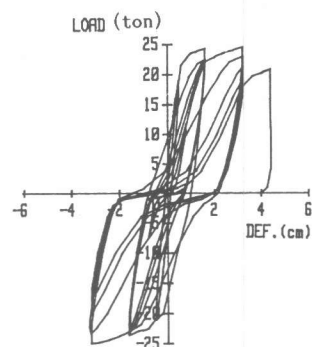


図-5 荷重と変位との関係

AE、および鉄筋がすべて発生するAEなどと考えられる。

図-5に荷重と変位との関係を示す。図-6はサイクル別にAEイベント数をまとめたものである。この図で、2~5サイクルと7~10サイクルを比較すると、変位が2倍の7~10サイクルではAEイベント数もおおよそ2倍になっている。これは、全体変形が大きくなり、ひびわれ数も多くなったことなどが原因として考えられる。

また、2~5サイクル間においては、正載荷では3サイクル目、負載荷では2サイクル目がAEイベント数が多く、それ以降は急激に減少している。7~10サイクルにおいても同様の傾向がある。これは、新たな変位を経験する際、最初の正載荷では、ひびわれが閉じる時のAEとして、以前の変位で発生したひびわれ分しかないが、次のサイクルでは、新たな変位の負載荷で発生したひびわれが存在するため、2番目のサイクルの方がAEイベント数が多かったものと考えられる。負載荷の2、7サイクルでは、正載荷で新たに発生したひびわれが閉じることにより、正載荷時のAEイベント数よりもかなり多くなったものと考えられる。特に7サイクル目で顕著である。正負のAEイベント数を比較すると、2、7サイクルを除いて、ほぼ同数である。

3.2 AE最大振幅

図-7はAE最大振幅と荷重との関係を示したものである。これらの図で、2、7、12サイクルのように新たな変位を経験する際、以前までに経験した変位(二点鎖線で表示)までのAE最大振幅と、新たな変位で発生したAEの最大振幅とを比較してみると、82dB以上のものは、新たな変位で発生するAEに多くみられる。しかし、3サイクル正載荷では、新たな変位を経験していないにもかかわらず、最大振幅82dB以上(便宜上設定)のAEがいくつかみられる。これは、2サイクルの負載荷で発生した新たなひびわれが閉じる時のAEと考えられる。繰返し回数が多くなると、5サイクル正載荷のようにAE最大振幅は、ほとんど82dB以内となる。このことから、新たな欠陥が生じる時のAEは、最大振幅の大きなものが多いと考えられ、あるレベルを設定することにより、新たな欠陥

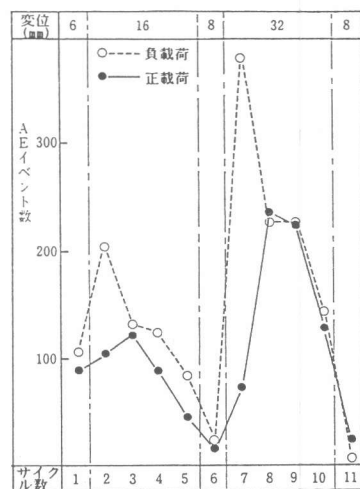


図-6 サイクル別AEイベント発生数

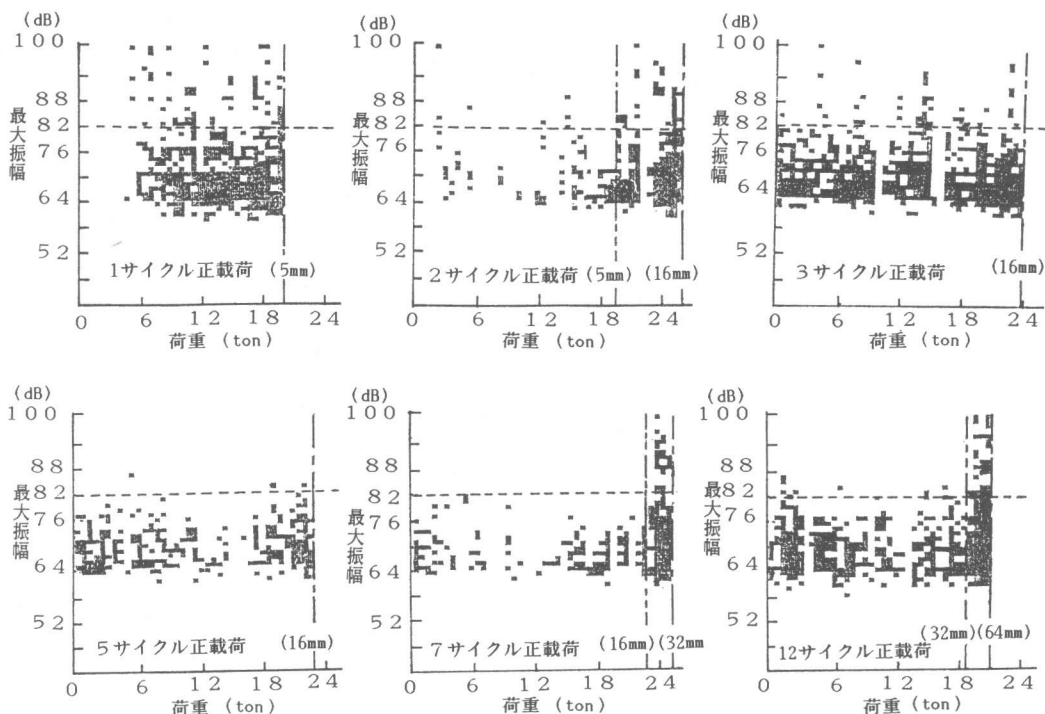


図-7 A E最大振幅と荷重との関係

の検出が可能になるものと考えられる。

3.3 直線位置標定

図-8に最終ひびわれ図を示す。この図は12サイクル終了後のひびわれ図であるが、この状態では多数のA Eが発生し、ひびわれの位置とA E発生源として標定された位置との比較が困難なため、今回は1サイクル正載荷時の位置標定結果について検討する。

図-9は1サイクル正載荷時の各荷重段階で発生したひびわれと、直線位置標定図（ひびわれ調査面側）を示したものである。これらの図をみると、A（0～6 ton）B（6～9 ton）ではひびわれと位置標定が比較的一致しているが、それを超えた荷重ではひびわれ発生位置以外にも位置標定されたA Eイベントがある。C（9～11 ton）、D（11～15 ton）においては、ひびわれ発生位置の外側にも位置標定されたA Eがあるが、これは、E（15～19 ton）の荷重で発生したひびわれ位置とほぼ一致していることから、表面にひびわれが確認される以前に、部材内部の微視的破壊によって発生したA Eと考えられる。また、標定されたA Eは、ひびわれの発生によるものの他に、主筋のすべりによるもの、コンクリートの圧壊によって生じるものなども含まれているため、ひびわれの位置とA E位置標定の厳密な比較は、そのA Eの周波数特性などの他の情報と合わせて行う必要があるものとする。

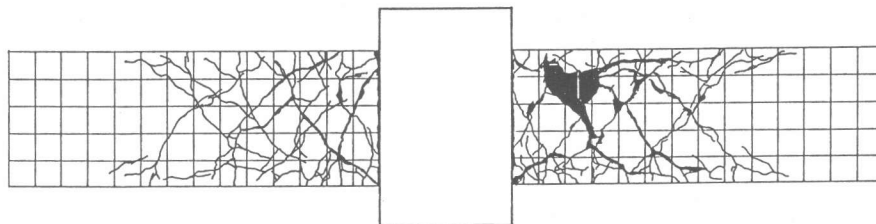


図-8 最終ひびわれ図

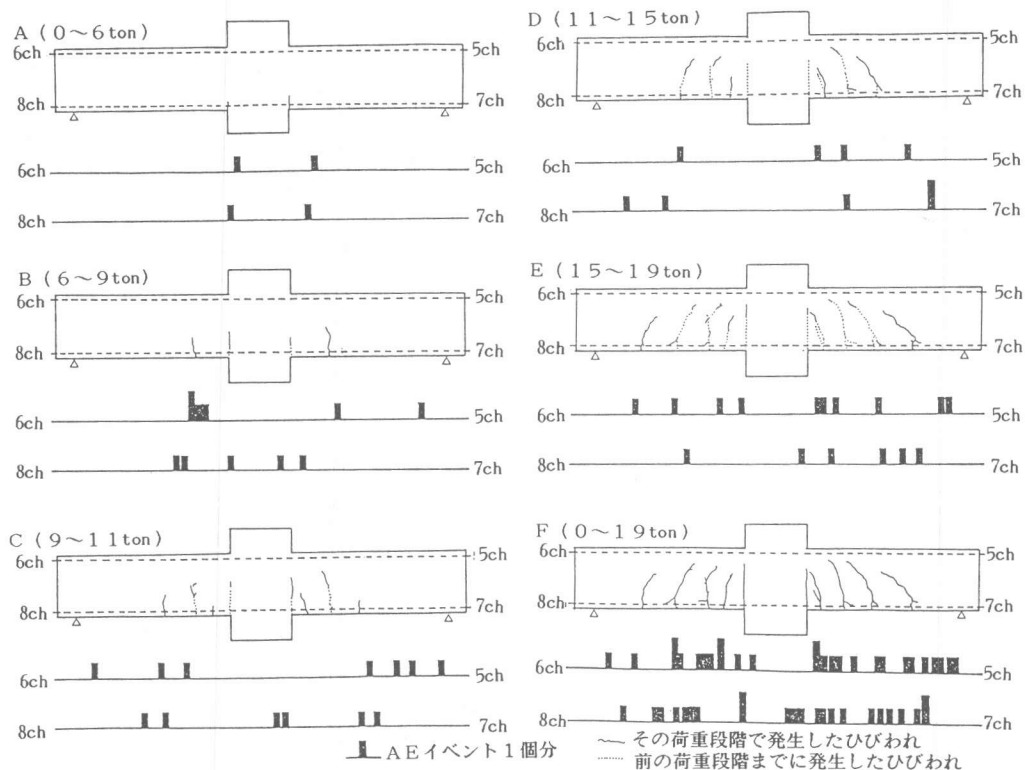


図-9 荷重ごとのひびわれ図と直線位置標定図

4. 結論

鉄筋コンクリート梁の正負交番繰返し載荷実験において、AEを計測した結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 載荷時・除荷時ともにAEは発生する。これらのAEは、ひびわれ発生や進行によるもの、主筋のすべりによるもの、コンクリートの圧壊によるものなどが考えられる。
- (2) 変位量が大い時、ひびわれ量が多いため、AEイベント数は多くなり、変位量が2倍になるとAEイベント数もおおよそ2倍になった。
- (3) 同じ変位量で繰返し載荷を数回続けると、AEイベント数は急激に減少していく傾向にある。
- (4) 新たなひびわれが生じる時のAEは、最大振幅の大きなものが多く、あるレベルを設定することにより、新たなひびわれの発生を検出することが可能であるものと考えられる。
- (5) AE発生源の位置標定は、表面にみられるようなひびわれが発生した時のAEの他に、内部でのAE発生も考えられるため、AEの周波数特性などの情報と総合して行うことが必要と考えられる。

今後の課題として、コンクリートの圧壊時のAE、ひびわれ発生時のAE、主筋がすべる時のAE、内部ひびわれ発生時のAE、およびひびわれが閉じる時のAEなどを区別するため、それぞれのAE特性や周波数特性などについて検討する必要があるものと考えられる。

5. 謝辞

本研究に際し、御指導を戴いた名大・小阪教授、三重大・谷川教授、名大・山田助手に謝意を表します。