

V-22

繰返し圧縮荷重を受けるコンクリートの AE 特性

室蘭工業大学 正 員 菅田 紀之
 室蘭工業大学 正 員 尾崎 詔

1. はじめに

従来、半永久構造物といわれていたコンクリート構造物の劣化による耐久性の低下が問題化しており、維持・補修の必要性が高まってきている。劣化の原因としては、アルカリ骨材反応、塩害、凍害、疲労などがあげられる。構造物の維持・補修を適切に行うためには、構造物の供用を中断することなく劣化度を非破壊的に検査判定し対処していく必要があり、劣化の程度を非破壊的に評価する研究が行われている。種々の研究の中でコンクリートの疲労による劣化を AE (アコースティック・エミッション) 特性により評価するための研究としては、低サイクル圧縮疲労と AE 特性に関する研究¹⁾、曲げ疲労と AE 特性に関する研究²⁾があるが、疲労の進行に伴う劣化と AE 特性の関係が十分明らかにされていない。

本研究では、コンクリートの疲労の進行に伴う劣化と AE 特性の関係を明らかにするために、モルタルの圧縮疲労試験を行い、AE およびひずみの計測を行った。検討は、繰返し載荷により劣化を受けるモルタルのひずみの変化、AE 累積数および AE 発生頻度について行った。

2. 実験の概要

2.1 モルタルおよび使用材料

実験に用いたモルタルは、表-1 に示す配合で2バッチ練り混ぜ作製した。練り混ぜに使用した材料は、セメントとして普通ポルトランドセメント、細骨材として海砂、混和剤として AE 剤である。試験に用いた供試体は直径 10 cm で高さ 200 mm の円柱供試体であり、材令 1 日において型枠から脱型し 28 日間標準養生を行い、10 ヶ月以上大気中において乾燥させたものである。材令を比較的長期にすることにより、疲労試験期間内における供試体の強度変化が少なくなるようにした。表-2 に各バッチのフレッシュモルタルの性質および疲労試験開始時における静的基準強度を示す。

表-1 モルタルの配合

| 水セメント比 W/C (%) | 単用量 (kg/m ³) | | | |
|----------------------|--------------------------|-----------|----------|------------|
| | 水 W | セメント C | 細骨材 S | AE 剤 AD |
| 55 | 250 | 455 | 1464 | 0.091 |

表-2 フレッシュモルタルの性質および静的強度

| バッチ | フレッシュモルタルの性質 | | 静的基準強度 (kg/cm ²) |
|-----|--------------|------|---------------------------------|
| | 空気量 (%) | フロー値 | |
| M-1 | 8.6 | 225 | 396 |
| M-2 | 8.5 | 226 | 346 |

2.2 疲労試験および AE 計測方法

圧縮疲労試験は、電気油圧サーボ式、容量 30 tf の疲労試験機を用いて行った。載荷荷重形式は載荷波形を正弦波とし、載荷速度を 5 Hz とした。静的基準強度に対する上限応力比 S_1 は 70 %、下限応力比 S_2 は 5 % に設定した。なお、試験期間中における歪の変化を計測するために、供試体側面に歪ゲ

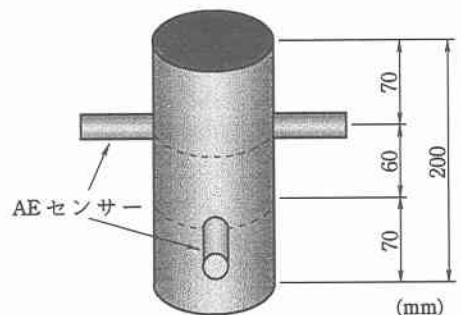


図-1 AE センサー取付位置

ージを供試体軸方向に2枚、周方向に2枚貼り付けている。また、AEを計測するためのAEセンサーは、図-1に示す位置にグリースを介してスプリングにより供試体に取り付けた。

AEの計測は、共振周波数150kHzのAEセンサーを用いて行い、AEセンサーで検出したAE波形の増幅は、増幅率40dBのプリアンプおよびダイナミックレンジ80dBのLogアンプを用いて行った。検出波形のディスクリレベルは、バックグラウンドノイズレベル+40dBに設定し、ディスクリレベルをこえかつ波形持続時間が16μsec以上の波形をAEの1イベントとして記録した。なお、プリアンプとLogアンプ間には周波数特性100kHz~1000kHzのバンドパスフィルターが挿入されている。

3. 試験結果

3.1 ひずみの変化

図-2に上限応力時におけるモルタルの縦ひずみの疲労破壊時までの変化、図-3に横ひずみの変化を示す。荷重の載荷方法は、1~3回載荷では静的載荷、それ以後では5Hzの連続載荷とし、ひずみの測定は静的載荷時および連続載荷が安定する150~500回載荷以後で行った。縦ひずみは、いずれの供試体においても荷重載荷回数とともに徐々に大きくなり、破壊に至っていることがわかる。疲労寿命の一番短いM-1-6においては、ひずみが破壊時に増大していることがわかる。破壊時の急激なひずみ増加直前におけるひずみは、疲労寿命が長いほど大きく、M-2-12では初載荷時の2倍程度になっている。横ひずみの荷重載荷回数による増加は、M-1-20およびM-2-12において示されているが、縦ひずみの場合よりもその傾向は小さく、破壊時にひずみが急激に増大していることがわかる。ひずみゲージにより破壊直前におけるひずみの変化をとらえる場合、横ひずみの方が縦ひずみより有効なようである。

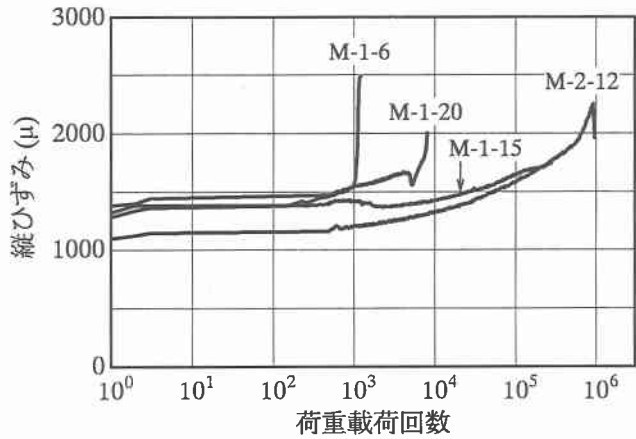


図-2 縦ひずみの変化

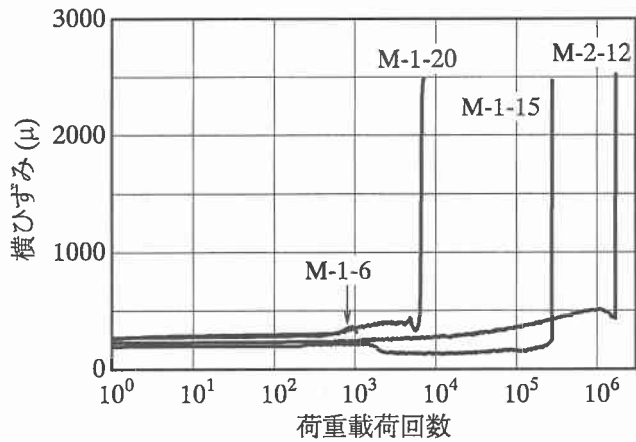


図-3 横ひずみの変化

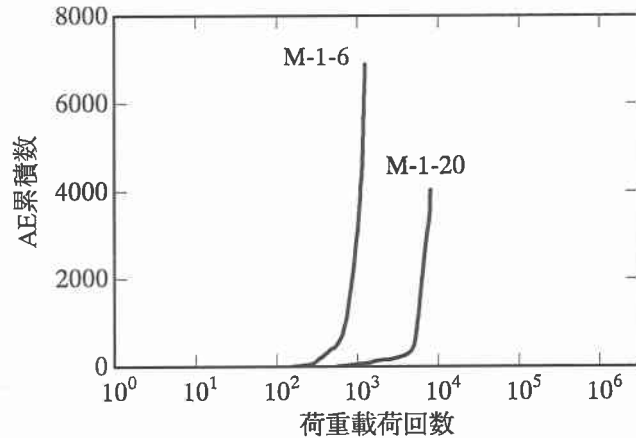


図-4 AE累積数の変化 (M-1-6, M-1-20)

3.2 AE イベント数の変化

図-4および5に連続載荷以後の AE 累積数、図-6～9に AE 累積数および荷重載荷 1 サイクル当たりの AE 発生頻度を示す。M-1-6 および M-1-20 における AE のデータ処理は、供試体破壊時までの全 AE イベントデータを用いてコンピュータで行った。これに対して、M-1-15 および M-2-12 では計測装置の制約から、ある載荷回数ごとの AE 累積数を記録し発生頻度の解析を行った。したがって、M-1-15 および M-2-12 における AE 発生頻度はその載荷回数の平均値になっている。

AE 累積数は荷重載荷回数に従い徐々に大きくなり、その増加率は回数が増加するにしたがい大きくなっていることがわかる。特に、M-1-6 および M-1-20 において中期以降で傾きが急になっており、M-1-20 では顕著になっている。図-4 および 5 の AE 累積数の曲線形状と図-2 の縦ひずみの曲線形状が類似の分布性状を示している。AE 累積数は、微小ひび割れの発生による劣化の進行の程度を示すものと考えられることより、上限応力時の縦ひずみも同様に繰返し載荷による劣化の程度を示しているものと考えられる。破壊時における AE 累積数は、M-1-20 を除くと疲労寿命が長いほど大きくなっていることがわかる。

次に AE 発生頻度に関する検討を行う。M-1-6 および M-1-20 では、破壊直前に AE 発生頻度が急増している様子が示されている。M-1-15 および M-2-12 では、AE 計測間隔が大きいこともあり、破壊直前における AE 発生頻度の変化をとらえることはできなかった。AE 発生頻度の分布は供試体ごとに異なった性状を示しており、M-1-6 では荷重載荷回数が増加するに従い発生頻度も増加し、破

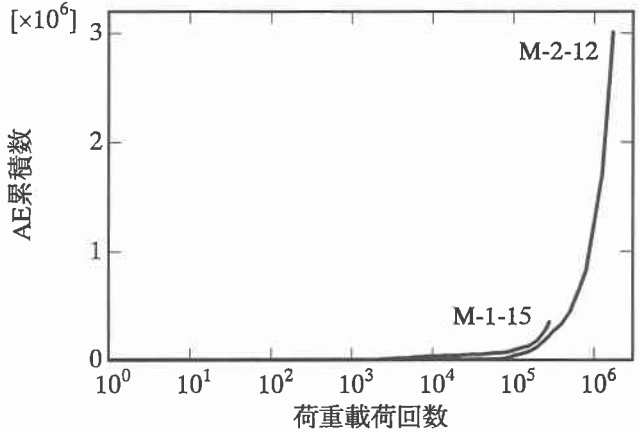


図-5 AE 累積数の変化 (M-1-15, M-2-12)

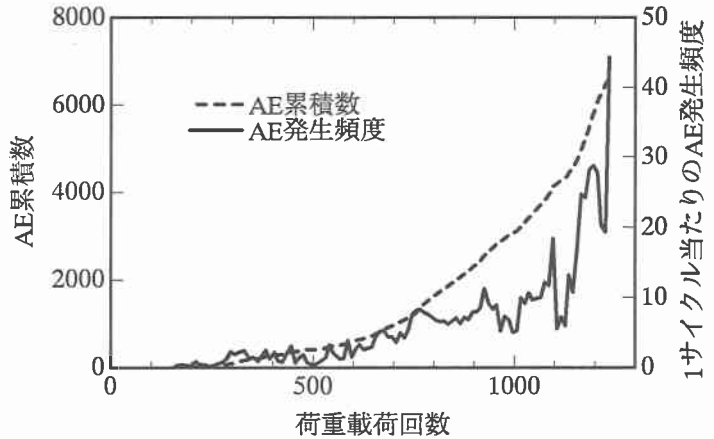


図-6 荷重載荷 1 サイクル当たりの AE 発生頻度 (M-1-6)

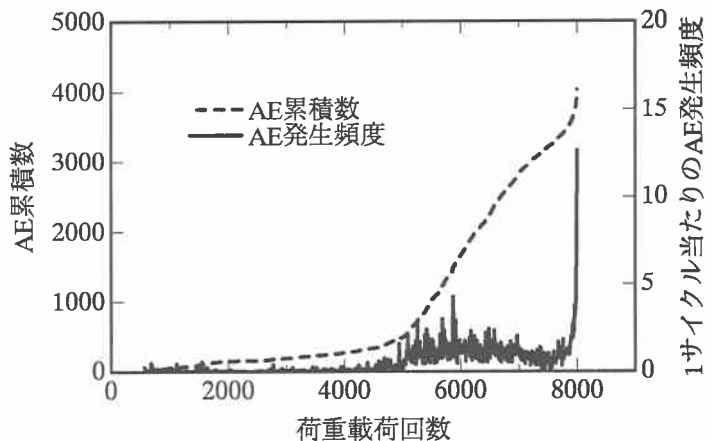


図-7 荷重載荷 1 サイクル当たりの AE 発生頻度 (M-1-20)

壊直前に急激に増大している。M-1-20では荷重回数約5000回より増加し6000回程度で極大となり、破壊直前に急激に増大している。M-1-15では繰返し初期に発生頻度が大きい部分があるが、その後0.2回程度まで減少し徐々に増加している。M-2-12では荷重回数と共に直線的に増加している。AE発生頻度の結果から、繰返し荷重による劣化が、破壊時以外においても比較的急速に進むことがわかった。

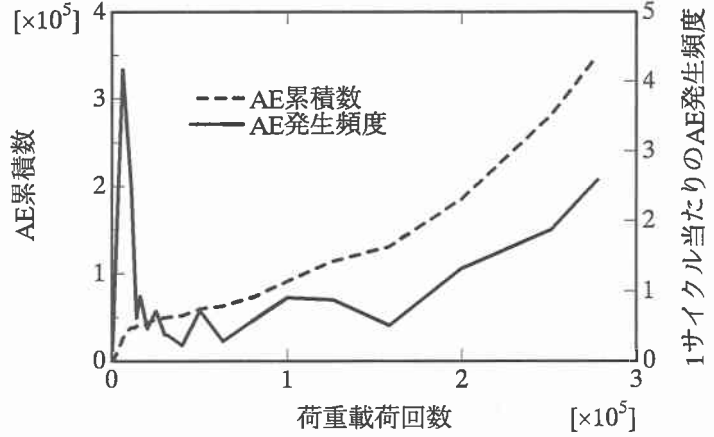


図-8 荷重載荷1サイクル当たりのAE発生頻度 (M-1-15)

4. ま と め

モルタルの圧縮疲労試験を行い、疲労の進行に伴うひずみ、AE累積数およびAE発生頻度の変化に関する検討を行った。その結果をまとめると以下のようなになる。

- 1) 縦ひずみは荷重載荷回数と共に徐々に増大し破壊に至る。
- 2) 破壊時における急激なひずみ増加直前の縦ひずみは、疲労寿命が長いほど大きくなる傾向にある。
- 3) AE累積数は荷重載荷回数に従い徐々に大きくなり、その曲線分布は縦ひずみの変化と類似になっている。
- 4) 破壊時におけるAE累積数は、疲労寿命が長いほど大きくなる傾向にある。
- 5) AE発生頻度は、荷重載荷回数とともに増加する傾向があるが、供試体ごとに異なった性状を示しており、破壊時以外においても繰返し荷重による劣化が比較的急速に進む場合がある。

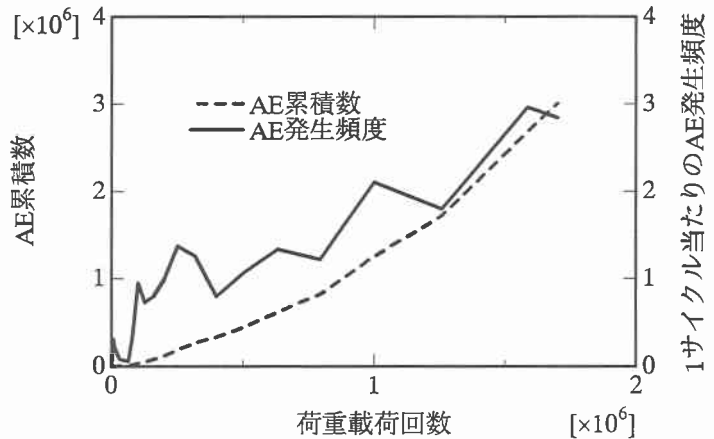


図-9 荷重載荷1サイクル当たりのAE発生頻度 (M-2-12)

参 考 文 献

- 1) 六車熙・渡辺史夫・田淵勝道：水中でのコンクリート圧縮疲労とAE計測，セメント技術年報，Vol. 39，pp.166～169，1985.
- 2) 小玉克巳・仲宗根茂：コンクリートの曲げ疲労におけるAE特性，セメント技術年報，Vol. 41，pp.327～330，1987.