AE 法を用いたコンクリートのフライアッシュ混入による自己治癒効果の有効性

徳島大学大学院　学生会員　○細木良成　徳島大学大学院　正会員　橋本親典
徳島大学大学院　正会員　渡辺健　徳島大学大学院　正会員　石丸啓輔

1. 目的

近年，コンクリートの自己治癒に関する研究が注目されている。そのひとつに，フライアッシュを混入したコンクリートの凍害に対する治癒が知られている [1)]。本研究では，コンクリートの自己治癒性能を非破壊検査の 1 つであるアコースティック・エミッション法(以降、AE 法と称す)を用いて，一軸圧縮下での評価を行う。AE 法により，治癒後の再劣化時に生じるクラックの特性を評価し，修復性および再劣化への抵抗性の評価を行った。

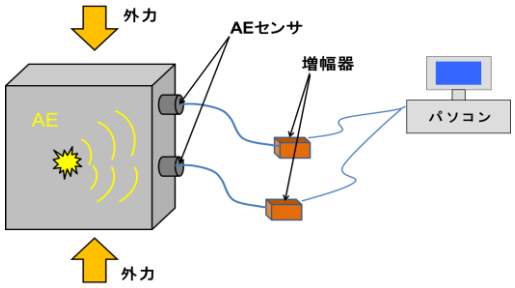
2. 実験概要

実験供試体は、FA 無混和(FA0)、FAⅡ種 15%外割(FA15 外割)、FAⅡ種 15%内割(FA15 内割)の 3 種類の配合で 100×100×40mm の角柱を使用する。評価方法としては、供試体に AE センサを取り付け、最大荷重まで載荷および最大荷重の 85%で 5 回くり返し載荷の 2 パターンで AE を測定し、載荷後水温 40℃の水中で治癒を行う。超音波法による相対動弾性係数の測定を各週行い，相対動弾性係数が初期値まで回復されたことが確認され次第、再度載荷を行い AE の計測を行う。発生した AE の解析を行い，b 値等の AE パラメータにより劣化と治癒の挙動を評価する。また、同配合の円柱供試体で 1 週間および 4 週間、12 週間 40℃の水中で養生させ、強度試験を行った。

3. 自己治癒評価方法

3.1 超音波法について

弾性波法の 1 つであり、コンクリートに伝わる波を深触子により検出し、検出した信号を弾性波として把握し、弾性波を分析・解読と伝播することでコンクリートに関する種々な情報を得て検査する方法である。伝播速度を測定し、相対動弾性係数を算出することで、コンクリートの内部破壊状況を評価する。



図－1　AE 検出の原理

3.2　AE 法について

AE の検出の原理を図－1 に示す。AE センサは，60kHz 共振型を用い，グリスにて供試体に密着させた。使用した計測システムは 2ch のものであり，センサは縦一列に AE センサ間を 50 ㎜として密着させた。検出した信号はプリアンプで 40dB の増幅を行い AE 計測器により計測した。しきい値は 40dB に設定した。また，載荷する際に供試体と載荷面の摩擦を低減するために摩擦低減シートにグリスを塗り供試体と載荷面の間に挟み込んだ。計測後の AE 信号に対して易的な 1 次元の位置評定を行い，センサ間で発生した AE のみを選定した。AE パラメータによる解析として，カイザー効果，累積 AE ヒット数と振幅の関係，破壊過程を識別する b 値について評価を行った。

4. 結果および考察

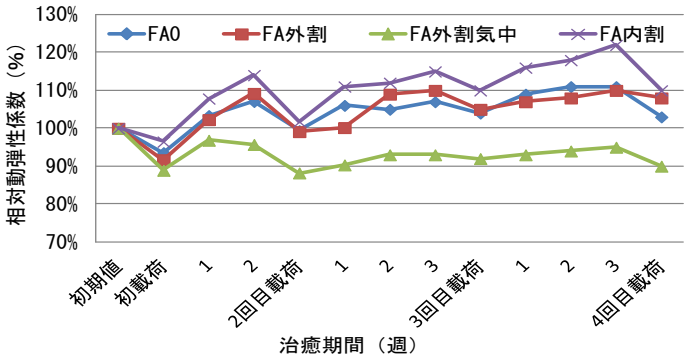
4.1　相対動弾性係数の比較

各供試体の最大荷重の 85%までの荷重で 5 回くり返し載荷した際の相対動弾性係数の経時変化を図－2 に示す。最大荷重の 85%までの載荷では，FA15 外割は 20℃の恒温室中における気中での治癒も行った。気中治癒の相対動弾性係数を見ると，治癒 1 週目以降大きな相対動弾性係数の回復は見られない。これは、ポゾラン反応に必要な水が供給されないため，40℃・水中治癒と比較して，十分に治癒が行われなかったためである。また，40℃・水中治癒の各配合を比較すると，FA15 内割は，載荷による劣化も小さく，治癒も他配合よりも早い。このこと

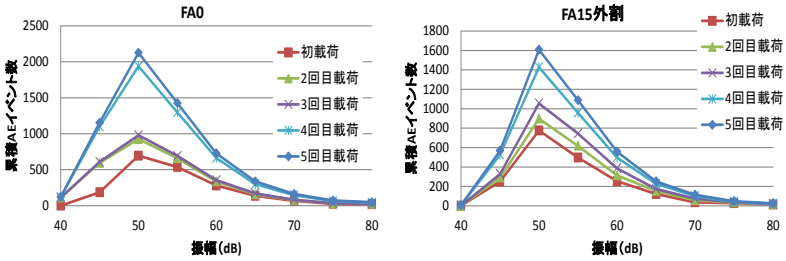
から、最大荷重の 85%でのくり返し載荷の場合は，FA15 内割が最も治癒が行われている。

4.2　累積 AE イベント数と振幅の関係

FA0，FA15 外割のくり返し載荷における累積 AE イベント数と振幅の関係を**図－3** に示す。FA0 は初載荷時から 2 回目載荷時にかけて，40-50dB の小さな振幅の増加が大きく，2 回目載荷時では，40-50dB の振幅が 50%以上を占めていることから，FA0 のひび割れを閉塞させている析出物の強度は低いと考えられる。また，4 回目載荷ではイベント数は大きく増加しているが振幅毎の割合の変化みられない。FA15 外割では，初載荷から 3 回目載荷において 40-45dB の振幅での累積イベント数の増加はほとんど見られず，初載荷から 3 回目載荷時にかけて，50-60dB の大きく振幅が増加していることから，析出物の強度は FA0 よりも大きいと考えられる。FA15 外割においても，FA0 同様に 4 回目載荷以降は振幅毎の割合の変化は見られなかった。



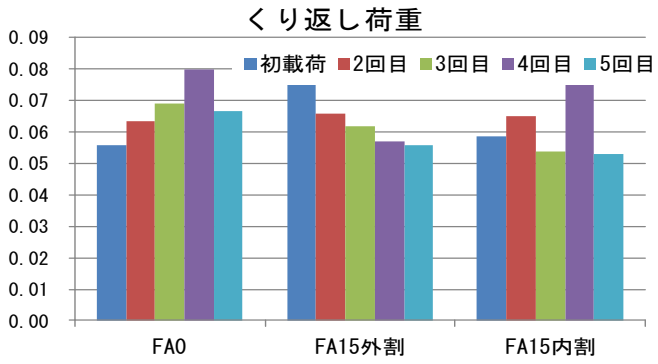
図－2　相対動弾性係数増加率



図－3　累積 AE イベント数と振幅の関係

4.3　b 値による評価

b 値は AE の累積イベント数と最大振幅の関係を表す曲線の傾きの大きさであり，破壊過程を識別するパラメータとして用いられる。b 値が大きくなれば破壊規模が小さいものが卓越しており，b 値が小さくなれば大きな破壊現象が卓越している状態と考えられる。各配合のくり返し載荷時の b 値を比較したグラフを**図－4** に示す。FA0 では，初載荷から 4 回目載荷まで b 値が増加している。FA15 外割では，FA0 とは逆に初載荷時から 5 回目載荷まで b 値が低下しており，FA0 では載荷を行うごとに小規模な破壊となり，FA15 外割では破壊が大規模に変化している。フライアッシュを混入した場合に載荷をくり返す度に大規模な破壊の AE が発生していることから，フライアッシュを混入した場合の方が治癒効果高いと考えられる。また，FA15 内割は，b 値の変化に規則性がなく，破壊規模の予測が困難である。



図－4　b 値の比較

5. 結論

1) 累積 AE ヒット数と振幅の関係から，フライアッシュを混入することで破壊時に大振幅の AE が増加し，高い強度の析出物が発生していることがわかった。
2) b 値の結果から，コンクリート内部の破壊の状態の変化を知ることができた。同時に，解析方法の妥当性を再検討する必要がある。

参考文献

1) 藤原悠貴：超音波法によるフライアッシュ外割混和コンクリートの凍結融解作用に対する自律治癒効果の評価，コンクリート工学年次論文集，Vol33，No.1，pp1433-1438，2011