

AE 法による再生骨材コンクリートの品質評価法の考察

熊本大学工学部環境システム工学科 学生会員 ○磯田俊郎
 熊本大学大学院自然科学研究科博士前期課程 学生会員 米野現樹
 熊本大学大学院自然科学研究科博士後期課程 正会員 鈴木哲也
 熊本大学大学院自然科学研究科教授 正会員 大津政康

1. はじめに

再生骨材コンクリートの力学特性の低下程度の評価は重要な検討項目である。そこで、損傷度評価に有効性を示しているAEによる手法¹⁾を適用した。本研究では再生骨材コンクリート供試体の一軸圧縮試験を行い、AE発生挙動を近似するレートプロセス解析と損傷力学により得られたパラメータを比較・検討することにより、品質評価の可能性を検討した。その結果、元の骨材の特性が不明な場合でも本手法により品質低下度合を定量的に評価可能であることを明らかにした。

2. 解析理論

2. 1 レートプロセス解析

AE の発生総数を N 、応力レベル V の AE 発生確率関数を $f(V)$ とすると、応力レベル V から $V+dV$ への応力増分に対し、以下の式を得る。

$$f(V)dV = dN / N \quad (1)$$

式（1）で得た AE 発生確率関数 $f(V)$ に対し、損傷度の定量化のために、次のような双曲線関数を仮定する。

$$f(V) = a/V + b \quad (2)$$

ここで、 a 、 b は定数である。

式（1）、（2）より応力レベル V に対する AE 発生総数 N の関係は以下の式の様に決定できる。

$$N = CV^a \exp(bV) \quad (3)$$

なお、 C は積分定数である。

2. 2 ローランドモデル

損傷力学における損傷変数 Ω は弾性係数の相対的变化として、以下のように定義される。

$$\Omega = 1 - \frac{E}{E^*} \quad (4)$$

ここで、 E ：損傷を受けた材料の有効弾性係数、 E^* ：健全な材料に相当する弾性係数である。また、損傷変

数 Ω と一軸圧縮下でのひずみとの関係を以下のように仮定している。

$$\Omega = \Omega_0 + A_0 \varepsilon^\lambda \quad (5)$$

なお、 Ω_0 ：初期損傷度、 A_0 、 λ ：材料固有の定数

3. 実験概要

パルス破碎、ダイヤゲイト(加熱すりもみ)、再生クラッシュランによる3種類の再生骨材を用いた。コンクリート供試体は $W/C=55\%$ の普通ポルトランドセメントを使用した円柱供試体（ $\phi 100 \times 200 \text{mm}$ ）である。そして、材齢 28 日水中養生後の一軸圧縮試験中に AE 計測を行った。AE 計測条件は、AE センサは広域帯型（共振周波数：約 1MHz）であり、周波数帯域は 60kHz－1000kHz、AE センサの出力信号はプリアンプ 40dB、メインアンプ 20dB の計 60dB で増幅した。また、AE の発生数の計測に際して、しきい値は 42dB、デッドタイム（不感時間）は 2msec とした。

4. 結果および考察

4. 1 骨材の物性値

コンクリートに使用した骨材の物性値を表-1 に示す。再生骨材は絶乾密度、表乾密度、吸水率の全てにおいて原粗骨材よりも低品質であることが確認できる。これは、骨材表面に付着したモルタル分の影響と考えることができ、その影響はパルス破碎、ダイヤゲイト、再生クラッシュランの順に大きくなっている。

表-1 粗骨材の諸物性値

粗骨材の種類	絶乾密度 (g/cm^3)	表乾密度 (g/cm^3)	吸水率 (%)
再生クラッシュラン	2.49	2.53	2.71
ダイヤゲイト	2.54	2.59	2.10
パルス破碎	2.90	2.95	1.42
原粗骨材	3.04	3.06	0.49

4. 2 レートプロセス解析結果

レートプロセス解析結果を図-1に示す。原粗骨材コンクリートでは応力レベルに対応して AE 発生確率関数値が増加しているのに対し、再生クラッシュランでは载荷初期の段階から発生確率が高いことが分かる。また、式(2)の a 値を見ても原粗骨材コンクリートより正側に増加していることが分かる。

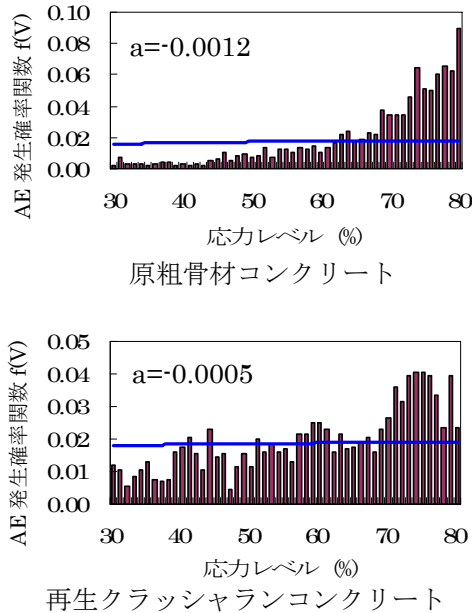


図-1 応力レベルと AE 発生確率関数

4. 3 データベースの構築に基づく健全時の弾性係数 E^* 推定と相対損傷度評価

初期損傷度 Ω_0 を求める際に、健全時のヤング率 E^* が必須となる。そこで、健全時ヤング率 E^* を AE 計測結果から推定する手法を用いた。圧縮試験下での初期接線ヤング率 E_0 と終局割線ヤング率 E_c の低下 $\log_e(E_0 - E_c)$ とレートプロセス解析値 a 値との相関関係及び相関式を図-2に示す。図のように、ばらつきはあまり見られず $\log_e(E_0 - E_c)$ と a 値はよく対応していることが認められる。一軸圧縮下でのヤング率の低下 $E_0 - E_c$ は式(4)より

$$\begin{aligned} E_0 - E_c &= E^*(1 - \Omega_0) - E^*(1 - \Omega_c) \\ &= E^*(\Omega_c - \Omega_0) \end{aligned} \quad (6)$$

図-2 中の近似式より、以下の式を得る。

$$\begin{aligned} \log_e(E_0 - E_c) &= \log_e[E^*(\Omega_c - \Omega_0)] \\ &= aX + Y \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、 $E_0 = E^*$ のとき、 $\Omega_0 = 0$ 、 $a = 0$ と仮定すると、式(7)より以下の式(8)が得られ、健全時のヤング率 E^* の推定が AE のレートプロセス解析により可能となる。

$$E^* = E_c + e^Y \quad (8)$$

式(8)より E^* を算出し相対損傷度 E_0/E^* として低下の評価を行った例を図-3に示す。パルス破砕では、破砕前に原粗骨材供試体での初期ヤング率を用いたため実験での E_0/E^* も得られている。なお、原粗骨材の実験値は 1.0 である。これによると、低下率はパルス破砕が 0.77 と最も小さく、ダイヤモンド、再生クラッシュランの順に大きくなっている。また、パルス破砕で実験値と解析値の一致は非常に良く、これより原粗骨材コンクリートのヤング率が不明でも再生骨材コンクリートの力学特性の低下度が AE 計測により推定可能であることが認められる。

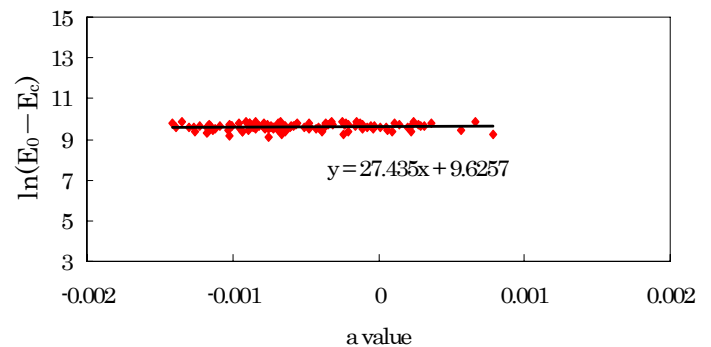


図-2 $\ln(E_0 - E_c)$ と a 値によるデータベース

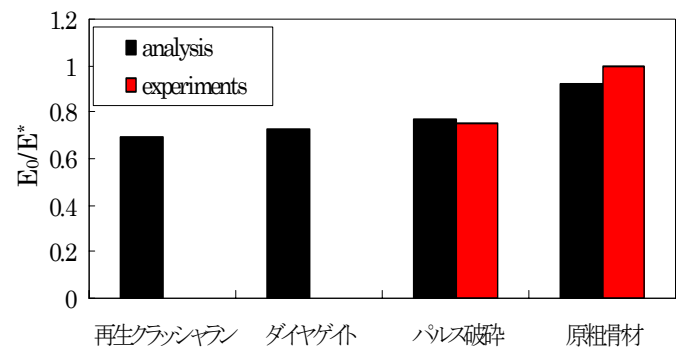


図-3 E^* の推定に基づく相対損傷度評価

5. 参考文献

- 1) 鈴木哲也、池田幸史、米野現樹、大津政康：データベース構築に基づく AE レートプロセス解析によるコンクリートの定量的損傷度評価、コンクリート工学年次論文集、Vol.26、No.1、pp1791-1796、2004