

損傷を受けたコンクリートのAE発生特性

福島高専 ○正 山ノ内正司

福島高専 小松 留美

福島高専 矢吹 大樹

1. はじめに

コンクリートが力学的あるいは化学的作用によって損傷を受けた場合、マイクロクラックに対する抵抗力の低下や欠陥密度の増加など、マイクロクラック成長の支配要因の変化としてコンクリート内部に残留する。これらの内部構造の変化を受けたコンクリートを一軸圧縮試験をすることによって、初期損傷の影響を微視破壊過程の違い、すなわちAE発生特性の違いとして評価できると考えられる。

本研究では、既に提案している一軸圧縮時の構成則とAE発生モデルに基づいて、モルタル強度や付着強度などの内部構造の強度特性の違いや初期損傷が、マイクロクラック成長過程におけるAE発生特性に及ぼす影響を考察するとともに、過去に応力履歴を受けたコンクリートの残留損傷度の推定方法を検討した。

2. 実験概要

2.1 コンクリート供試体

粗骨材との付着強度、モルタル強度、欠陥密度などの力学的な支配要因がAE発生特性に対して及ぼす影響を検討するために、表-1に示すようなコンクリート供試体を作成した。水セメント比は4種類とし、W/C50については、コーティング骨材を用いたものと、先行荷重として強度の60%、70%、80%の応力を与えたものとなっている。初期凍害の材令0日とは、打設後ただちに凍結融解試験に入れ、-15℃～+5℃の初期凍害を2サイクル与えたものであり、材令1日とは、1日後に同様の凍害を与えたコンクリートである。供試体の寸法はφ150mm×300mm、粗骨材の最大寸法は20mmとした。

2.2 実験方法

油圧式耐圧試験機（容量200tf）を用い、載荷速度約20kN/min（応力速度1.1MPa/min）の一軸圧縮試験を行った。AE計測については、センサーをAE901U（NF社製）とし、検出AE信号はプリアンプで40dB、ローカルプロセッサで20dB増幅する。バンドパスフィルターは50～1000kHz、ディスクリレベルは0.2Vと設定した。ローカルプロセッサによって抽出された4chのAEパラメータと発生時刻、さらに2秒ごとの縦ひずみ3ch、横ひずみ3ch、荷重値をコンピュータで記録した。

表-1 配合表

種類	水セメント比 %	細骨材率 %	水 kg	セメント kg	細骨材 kg	粗骨材 kg	AE 減水剤 cc	高性能 減水剤 kg	記号
高強度	29.6	35.6	148	500	600	1136		9	W/C30
普通	40	42.4	169	422	961	983	1056		W/C40
普通	50	44.4	169	338	754	989	845		W/C50
コーティング骨材	50	44.4	169	338	754	989	845		コ骨材
応力履歴（60%）	50	44.4	169	338	754	989	845		履歴60%
応力履歴（70%）	50	44.4	169	338	754	989	845		履歴70%
応力履歴（80%）	50	44.4	169	338	754	989	845		履歴80%
普通	60	46.4	169	282	810	979	704		W/C60
空中養生	60	46.4	169	282	810	979	704		空中養生
初期凍害（材令0日）	60	46.4	169	282	810	979	704		凍害0
初期凍害（材令1日）	60	46.4	169	282	810	979	704		凍害1

3. 一軸圧縮時の構成則とAE発生モデル

コンクリートの一軸圧縮時における損傷変数 Ω と非弾性縦ひずみ ϵ_p の関係 (式1)、応力～ひずみ関係 (式2)、AE発生関数 $\Psi(\Omega)$ (式3・4) は次のように表される。

$$\Omega = \alpha \epsilon_p^\beta \tag{1}$$

$$\sigma = E \left\{ \epsilon - (\alpha \epsilon)^{1/(1-\beta)} \right\} \tag{2}$$

$$\frac{dN}{dt} = \Psi(\Omega) \frac{d\Omega}{dt} \tag{3}$$

$$\Psi(\Omega) = \begin{cases} \eta & (\Omega \leq \Omega_i) \\ \eta \exp[\gamma(\Omega - \Omega_i)] & (\Omega > \Omega_i) \end{cases} \tag{4}$$

ここに、 dN/dt はAE事象率、 $d\Omega/dt$ は損傷速度、 α 、 β は材料定数である。W/C40について、式 (1) の関係を図-1に、式 (4) の関係を図-2に表した。モデルの適合度が高いことを示している。以下に、各種コンクリートのAEパラメータ γ 、 Ωt について考察する。

4. 結果および考察

図-3は各種コンクリートのAEパラメータと強度との関係を表したものである。図より γ には強度と正の相関があり、初期損傷の影響が γ にはあまり影響を与えないことがわかる。 Ωt については、正常なコンクリートな場合は0.2前後の値を示しているが、強度と弱い負の相関関係が読み取れる。初期凍害をうけたコンクリートでは同程度の強度を持つ正常なコンクリートと比べて Ωt が著しく低下している。

また、応力履歴をうけたコンクリートの場合、 γ は大きくなり Ωt は小さくなる傾向にある。また履歴荷重の応力レベルが高いほど、その傾向は強くなる。これは、再載荷時の応力ひずみ曲線が先行荷重レベルに近づくまで、直線関係にあるためであり、見掛け上の変化としてとらえることが出来る。

そこで、 $\Omega t = 0.2$ を与える残留ひずみ ϵ_{pr} を求め、式 (1)、(2) から残留損傷度 Ω_r と履歴応力 σ_s を求めると、表-2のように、比較的近い値が推定されることがわかった。

表-2 残留損傷度の推定結果

供試体名	ϵ_{pr} μ	Ω_r	σ_s kgf/cm ²	実際の σ kgf/cm ²
履歴60%	70	0.11	196	244
履歴70%	160	0.17	270	284
履歴80%	220	0.20	305	326

($\alpha=23.34$ $\beta=0.561$ $E=346,000 \text{ kgf/cm}^2$)

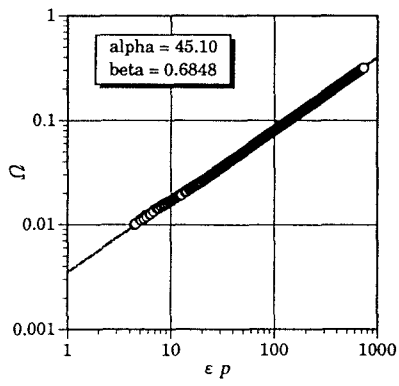


図-1 損傷変数 Ω と非弾性縦ひずみ ϵ_p の関係

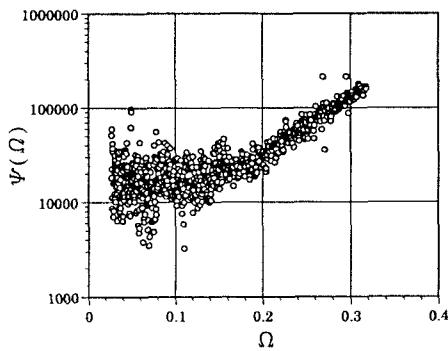


図-2 AE発生関数 $\Psi(\Omega)$

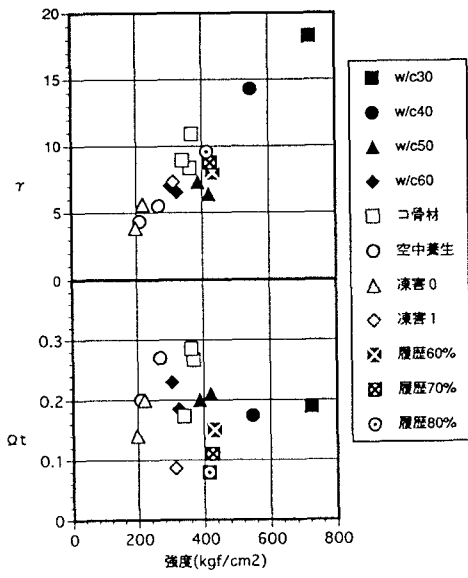


図-3 強度とAEパラメータ γ 、 Ωt の関係