

V-203

A E法と塑性理論に基づいたコンクリートの劣化度評価に関する考察

熊本大学大学院 学生員 ○日高 英介
熊本大学工学部 正 員 友田 祐一

熊本大学大学院 学生員 藤岡 泰作
熊本大学工学部 正 員 大津 政康

1. はじめに

コンクリート構造物は様々な気象条件にさらされている。中でも凍結融解作用は最も厳しい条件であり、コンクリートの劣化における主要因の一つである。そこで本研究では凍結融解試験により人工的に劣化させたコンクリートの劣化度を、一軸圧縮試験における圧縮変形特性とA E(アコースティックエミッション)発生頻度から得られるパラメータより定量的に評価しようと試みた。

2. 解析手法

2. 1 ひずみ空間塑性モデル

ひずみ空間塑性モデルを応力空間におけるDrucker-P rager型の破壊曲面から誘導した⁽¹⁾。破壊関数と塑性ポテンシャル関数は応力空間のものをひずみ空間に変換し、全ひずみ e_{ij} 、塑性ひずみ e_{ij}^p 、载荷パラメータ $K(W_p)$ より次のように表現される。

$$F = \alpha A \bar{I}_1 + \sqrt{B \bar{J}_2} - K = 0 \quad (1)$$

$$G = \alpha A \bar{I}_1 + C \sqrt{B \bar{J}_2} - K = 0 \quad (2)$$

$$\bar{I}_1 = e_{ii} - e_{ii}^p \quad (3)$$

$$\bar{J}_2 = \frac{1}{2} (e_{ij} - e_{ij}^p)(e_{ij} - e_{ij}^p) \quad (4)$$

ここで $A=3k$ 、 $B=4\mu^2$ であり k は体積弾性係数、 μ はせん断係数、 C, α は材料パラメータである。また C, K は過去の実験データを分析することにより以下のように示される。

$$K = K_0 \exp \{ (\beta W_p)^\gamma - \xi \}^2 \quad (5)$$

$$C = \left[1.0 + \frac{0.445}{0.674} - \frac{I_1}{\sqrt{3} f'_c} \right]^m \quad (6)$$

ここで β, γ は実験定数であり、これまでのデータに基づいて $\beta=2.0$ 、 $\gamma=0.4$ を与えた。さらに W_p は塑性仕事、 m は流動則に関するダイレイタンスパラメータである。 ξ, m は図-1のように実験で得られた応力-ひずみ曲線において解析結果と実験結果とが一致するように決定した。

2. 2 レートプロセス解析

一軸圧縮試験におけるA E発生特性を定量化するためにレートプロセス理論を適用する⁽²⁾。まず応力レベル $V(\%)$ から $V+dV(\%)$ までのA E発生の確率関数 $f(V)$ を次のように仮定する。

$$f(V)dV = dN/N \quad (7)$$

ここで N は $V(\%)$ までの総A E発生数である。また過去の実験におけるA E発生挙動より式(7)の $f(V)$ に対し次の双曲線関数を仮定した。

$$f(V) = a/V + b \quad (8)$$

ここで a, b は実験結果より求められる定数である。式(8)を式(7)に代入し微分方程式を解くことにより総A E発生数と応力レベルの関係式が c を積分定数として次のように得られる。

$$N = cV^a \exp(bV) \quad (9)$$

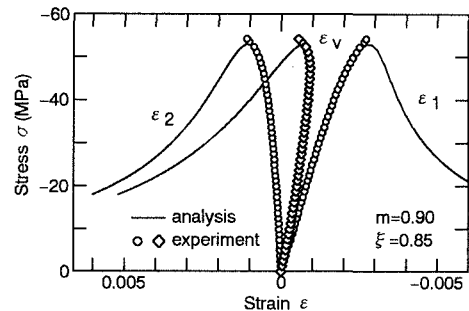


図-1 劣化コンクリートの応力-ひずみ曲線の例

3. 実験および解析結果

直径10cm、高さ20cmの円柱供試体を作成し、水中凍結融解試験により人工的に劣化を促進させた後に一軸圧縮試験を行った。使用したコンクリートの配合を表-1に示す。実験では圧縮強度に達するまでのAE発生頻度および縦ひずみ、横ひずみを計測した。劣化過程での供試体の力学特性の変化を表-2に示す。またレートプロセス解析での実験結果と解析結果との比較例を図-2、図-3に示す。解析結果によれば式(8)の a の値は凍結融解作用が進むにつれて増加する傾向にあった。これは劣化していたコンクリートほど低応力レベルからAEが多く発生し、全体のAE発生確率も高くなっていることを表している。また式(6)の m については劣化により0に近づき関連流動則が満たされ、横ひずみの増加が認められた。以上で求められたパラメータにおいて比較の変動している a と m に着目して凍結融解サイクル数別の平均を求めたものを図-4に示す。図-4によると a と m の関係は劣化度の増加に対して図の右下から左上へと移動している。表-2に示されているように、実験供試体の劣化度はそれほど大きいものでないため、各供試体のばらつきに対して、パラメータの変化は顕著と言う程ではないが、凍結融解サイクルとの対応は明らかに認められ、定量的な評価への可能性が示されたと考えられる。

表-1 示方配合

単位重量 (kg/m ³)			
水	セメント	細骨材	粗骨材
183	366	783	1016

表-2 材料パラメータ

	$f'c$ (MPa)	相対動弾性係数
健全(0サイクル)	51.91	100.0
劣化(50)	54.63	95.8
劣化(100)	53.63	89.9
劣化(150)	51.53	89.1
劣化(200)	52.78	77.6

4. 結論

- (1) コンクリートの一軸圧縮下におけるAE発生特性と圧縮挙動を特定するパラメータを比較することにより、両者が相関関係にあることが認められた。
- (2) そのパラメータ a と m はコンクリートの圧縮試験により簡単に得られるので劣化要因、劣化状況別に a と m の関係を考察し劣化度予測に適用可能であると考えられる。

〈参考文献〉(1)日高英介：新しいひずみ空間塑性モデルによるコンクリートの劣化挙動解析、熊本大学 平成5年度 卒業論文

(2)Masayasu Ohtsu: Rate Process Analysis of AE Activity in Uniaxial Compression Test of Core Sample, PROGRESS in ACOUSTIC EMISSION v, JSNDI, pp.311-316. 1990

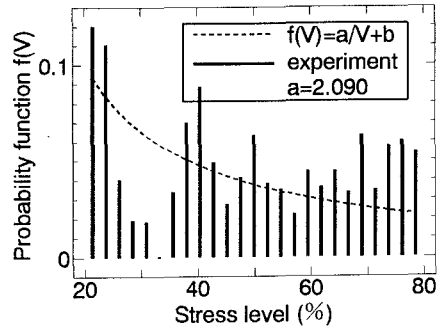


図-2 確率関数と応力レベルの関係
(凍結融解200サイクル)

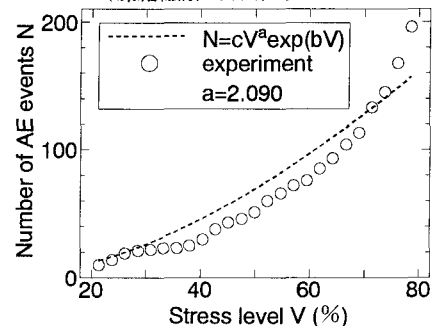


図-3 AE発生頻度と応力レベルの関係
(凍結融解200サイクル)

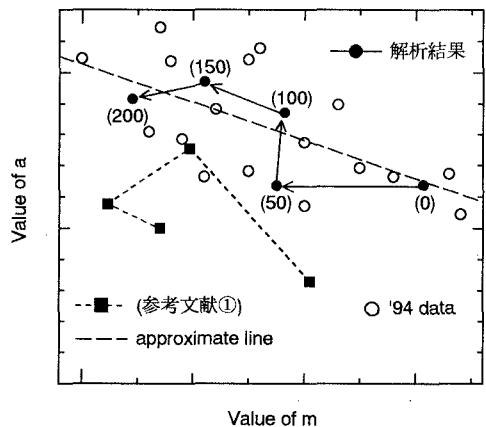


図-4 劣化度別の a と m の関係