

○名古屋大学工学部 学生会員 太田弘文
名古屋大学工学部 正 会員 呉 智深

1. はじめに

本研究では、Drucker-Pragerの破壊基準をもとに新しい破壊基準を提案を行う。コンクリートの実験では引張強度が圧縮強度の1/5～1/10程度の値になることが知られている。今までDrucker-Pragerの破壊基準を用いた解析では、同じパラメーターを用いて圧縮と引張の解析を行った場合、圧縮強度に対して引張強度が1/3～1/4と大きく出てしまうという問題点があり、圧縮と引張を統一的に扱うことが出来なかった。この点を改善するために、図-1のようなモデルを考え定式化を行った。

このモデルでは、Drucker-Pragerの降伏関数で用いている α 、 k に新たに x というパラメーターを導入し、 ω （蓄積された損傷パラメーター）に依存する3つのパラメーター α 、 k 、 x によって降伏関数を定義している。

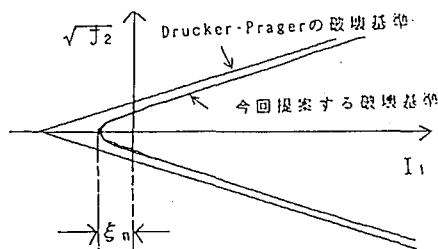


図-1 破壊基準のモデル

2. 定式化

2-1. 降伏関数 F

$$F = J_2 - (k - \alpha I_1)^2 + (k - x \alpha)^2 \quad (1)$$

ただし、

$$k = \frac{6c^* \cos \phi^*}{\sqrt{3}(3 - \sin \phi^*)} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{2 \sin \phi^*}{\sqrt{3}(3 - \sin \phi^*)} \quad (3)$$

$$x = \xi_0 (1 - \omega / \omega_0) \quad \omega \leq \omega_0 \quad (4)$$

$$= 0 \quad \omega > \omega_0$$

$$c^* = c \exp\{-(m\omega)^2\} \quad (5)$$

$$\phi^* = \phi_0 + (\phi - \phi_0) \sqrt{2\omega - \omega^2} \quad \omega \leq 1 \quad (6)$$

$$= \phi \quad \omega > 1$$

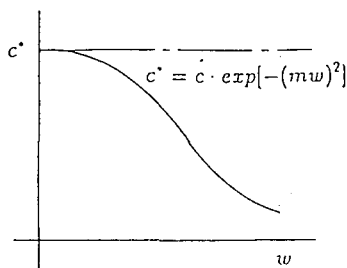


図-2 $c - \omega$ の関係

また、 I_1 、 J_2 は以下に定義する不変量である。

$$I_1 = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z$$

$$J_2 = \{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2\} / 6 + \tau_{xy}^2 + \tau_{yx}^2 + \tau_{zx}^2$$

2-2. 有効応力 σ_e

一軸状態を考えて、 $F = 0$ より、

$$\sigma_e = \frac{\alpha k + \sqrt{\alpha^2 k^2 - (1/3 - \alpha^2)(x^2 \alpha^2 - 2\alpha kx)}}{1/3 - \alpha^2} \quad (7)$$

2-3. 有効塑性ひずみ $\dot{\epsilon}^p$

$$\text{塑性仕事 } \dot{W}^p = \sigma_{ij} \dot{\epsilon}^p_{ij} = \lambda \sigma_{ij} \frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}} = \lambda n F \quad (8)$$

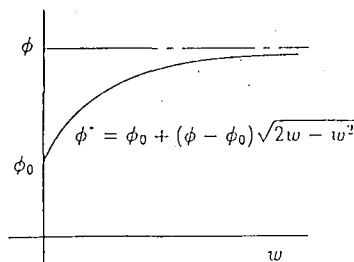


図-3 $\phi - \omega$ の関係

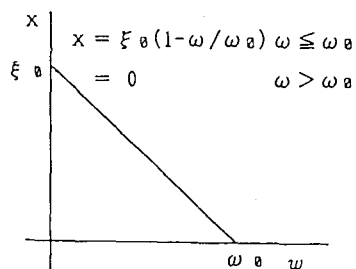
$$\dot{\varepsilon}_{p_{ij}} \dot{\varepsilon}_{p_{ij}} = \lambda^2 \frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}} \frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}}$$

$$\text{ゆえに、} \dot{\varepsilon}^p = \frac{\dot{W}^p}{\sigma_0} = \frac{\sqrt{\dot{\varepsilon}_{p_{ij}} \dot{\varepsilon}_{p_{ij}} n F}}{\sqrt{\frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}} \frac{\partial F}{\partial \sigma_{ij}} \sigma_0}}$$

よって、(1)式より

$$\dot{\varepsilon}^p = \frac{2\alpha(k-\alpha I_1)I_1 + 2J_2}{\sqrt{12\alpha^2(k-\alpha I_1)^2 + 2J_2}} \sigma_0 \sqrt{\dot{\varepsilon}_{p_{ij}} \dot{\varepsilon}_{p_{ij}}} \quad (11)$$

(9)



(10)

図-4 x- ω の関係

3. 解析及び結果

8節点立体要素を解析の対象として用いて、圧縮及び引張の解析を行った。その結果、ある積分点において得られた応力-ひずみ関係を図-4、図-5に示した。なお、解析にはMARC（有限要素法汎用プログラム）を用いた。

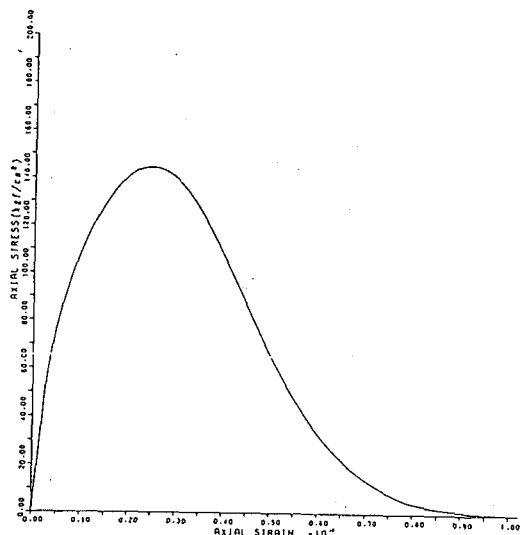


図-4 圧縮による応力-ひずみ関係

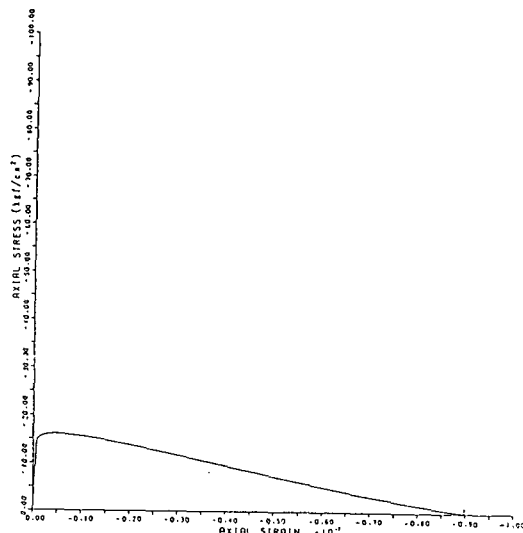


図-5 引張による応力-ひずみ関係

4. 考察

解析の結果は引張強度が圧縮強度の1/10～1/5程度の値に収まっており、意図した結果が得られた。つまり、統一式でコンクリートの引張と圧縮挙動を表現することができるとわかった。しかし、このモデルの妥当性については更に詳細な検討を加える必要がある。

参考文献

呉智深、田辺忠顕；圧縮荷重を受けるコンクリート材料の硬化および軟化構成モデル，
1990年構造工学論文集