

V-574

圧縮荷重を受けるコンクリートの 分岐挙動と不安定特性

武蔵工業大学 正会員 吉川弘道
武蔵工業大学 学生員 山川和弘

1. はじめに

コンクリートのようなひずみ軟化材料は、材料特性と境界条件に依存して分岐挙動を示すことが知られている。分岐問題は、ひずみの局所化に起因するもので、構造不安定問題としても扱われている。

本研究は勾配型非局所理論を用い、圧縮荷重下における分岐挙動と安定 / 不安定状態について考察を行ったものである。

2. 各種特異点と経路の定義

まず、図-1のような一様応力状態 ($\Omega=1$) にある基本経路 (fundamental path) を考える。これは応力ピーク点 (A 点) をもち、以降軟化する。この経路において、後述する局所化条件を満足するとき ($\Omega<1$)、これを分岐点 (bifurcation point): ϵ_{bif} (B 点) とし、以降、基本経路から離脱し、分岐経路 (bifurcation path) をたどるものとする。局所化係数 Ω は、0~1 の値をとるので無数の経路が存在することになる。さらに、分岐経路において、局所化が進行し、不安定条件 (例えば、 $\delta^2 W < 0$) を満足するとき、これを不安定点 (unstable point): ϵ_{un} (C 点) とし、これは一般に snap-back を生じる限界点と合致する¹⁾。また、塑性ひずみが増大し、材料力学的に破断する点を終局点 (ultimate point): ϵ_{ult} (D 点) として表す。

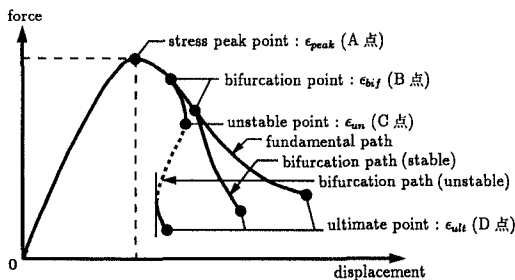


図-1: 各種特異点と経路に関する模式図

3. 材料特性に関する特異点 ($\epsilon_{peak}, \epsilon_{ult}$)

材料強度に対する応力ピーク点と終局点は、材料特性であり、現行示方書 (土木学会, CEB²⁾)、既往モデルより得ることができる。図-2、図-3 は応力ピーク点

(ϵ_{peak}) と強度 (f'_c) の関係、終局点 (ϵ_{ult}) と強度 (f'_c) の関係について比較したものである。図より、Popovics の提案式に基づく応力ピーク点 ϵ_{peak} は、高強度になる程、ひずみ量が大きい地点に発生する。一方、終局点 ϵ_{ult} は、高強度になる程、減少し、既往モデルの一般的傾向である。

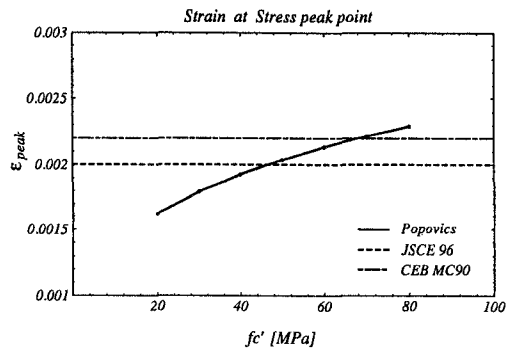


図-2: 応力ピーク点 (ϵ_{peak}) ~ 強度 (f'_c) の関係

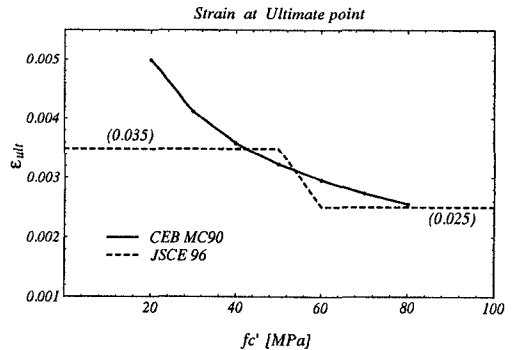


図-3: 終局点 (ϵ_{ult}) ~ 強度 (f'_c) の関係

4. 局所化解析による $\epsilon_{bif}, \epsilon_{un}$ の同定

解析モデルとして、図-4のような両端をバネ (バネ剛性 C) で拘束した長さ L の単軸部材の並列モデルを用いる。局所化幅 ($=\Omega L$) は、勾配型非局所理論から導出した式 (1) から得られる^{3), 4)}。

$$\tan\left(\frac{\mu L}{2}\Omega\right) + \frac{\mu L}{2}\left[\left(1 + \frac{2E_e}{CL}\right)\frac{k}{1+k} - \Omega\right] = 0 \quad (1)$$

さらに、Popovics の提案式を基本構成則とした荷重 ~ 変位関係より、分岐点 ϵ_{bif} ・不安定点 ϵ_{un} を数値シ

ミュレーションによって、定量化するものである。ここでは、 L ：部材長、 E_e/C ：境界条件、 l_c/L ：部材長に対する特性長さの割合、 f'_c ：圧縮強度をパラメータとして用いる。

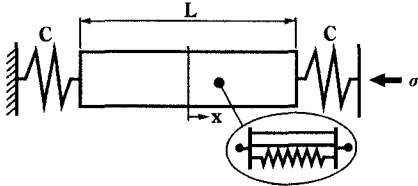


図-4：バネ拘束された並列モデル

5. 解析結果による考察

図-5,6は、分岐点のひずみ ϵ_{bif} を、 f'_c および l_c/L によって表したものである。これは、 f'_c の増加、 l_c/L の減少に従って、応力ピーク（ ϵ_{peak} ）の後、 ϵ_{bif} が早期に出現することを示すもので、材料強度、部材寸法の影響が反映されている。

図-7は、不安定点のひずみ ϵ_{un} と f'_c との関係を示したもので、これは部材寸法 l_c/L 、拘束度 E_e/C に影響されることが分かる。また、図中に併記した破線は、土木学会の8年度示方書の終局ひずみを示したものである。

ここで、部材の靱性を、靱性率 $=\epsilon_{un}/\epsilon_{peak}$ によって定義し³⁾、これを図-8に示した。これは、 f'_c の増加、 l_c/L の減少、 E_e/C の減少に従って、靱性率が低下することを示唆するものである。

6. あとがき

本論は、材料特性として、実験的に得られた ϵ_{peak} (A点)と ϵ_{ult} (D点)および理論的に定義・同定された ϵ_{bif} (B点)と ϵ_{un} (C点)を呈示・比較したものである。ただし、これら4量は全く異なるものではなく、例えば、高強度の ϵ_{ult} は不安定点(C点)によって決定されていることも考えられる。

参考文献

- 1) 吉川弘道, 西岡真帆：ひずみの局所化領域を有するコンクリート単軸部材の変形挙動と安定／不安定条件, コンクリート工学論文集, pp.89-101, Vol.6, No.1, 1995
- 2) CEB-FIP MODEL CODE 90
- 3) Bazant, Z. P.: *Stability of Structures, - Elastic, Inelastic, Fracture and Damage Theory -*, Oxford University Press, 1991
- 4) 山川, 吉川：勾配型非局所理論を用いたひずみの局所化解析, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集

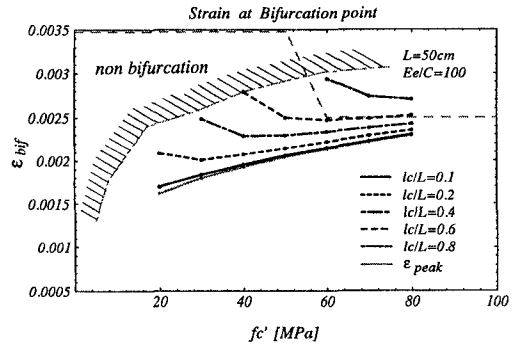


図-5：分岐点(ϵ_{bif})～強度(f'_c)関係

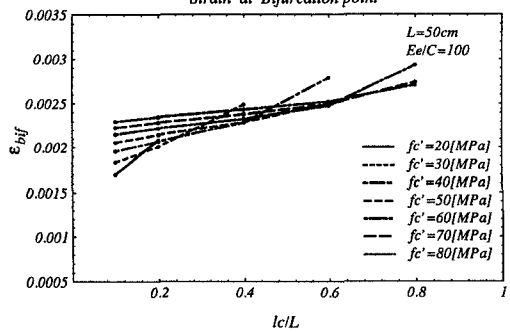


図-6：分岐点(ϵ_{bif})～ l_c/L 関係

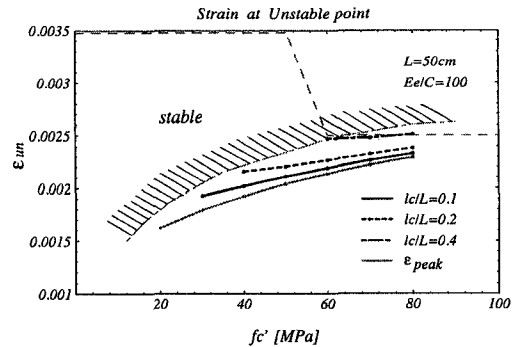


図-7：不安定点(ϵ_{un})～強度(f'_c)関係

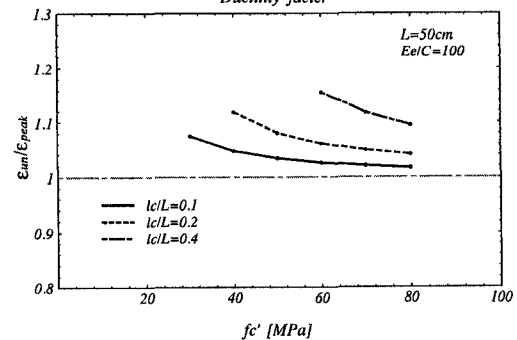


図-8：靱性率($\epsilon_{un}/\epsilon_{peak}$)～強度(f'_c)関係