

○名古屋大学工学部 学生会員 山田浩司
 名古屋大学工学部 学生会員 A.M. FARAHAT
 名古屋大学工学部 正会員 田辺忠顕

1. はじめに

コンクリート等の不均質材料では、ミクロ的な挙動の解明がその構造物全体の挙動を研究する上で重要な意味を持つ。そこで、コンクリートのような不均質材料におけるミクロ挙動とマクロ挙動の関係を明らかにすることが重要となってきた。現在、いくつかのマイクロモデルが提唱されているが、実際に実験を行って立証を行ったものは少なく、実験的研究が必要とされている。本研究では、これまでの研究[1][2]で得られなかったミクロのポストピーク挙動を測定し、完全なミクロの応力-ひずみ関係を得ようと試みた。そしてより粗骨材に近い材料として花崗岩を用い、さらにその粗骨材間のモルタル層の厚さの影響についても比較を行った。

2. 実験方法

本研究では、ポストピークにおけるひずみ軟化域を正確に測定するために、高剛性試験機を用いてひずみ制御(0.0015mm/sec)による圧縮試験を行った。実験で用いた供試体は、水、セメント、細骨材からなるモルタルの中に、粗骨材に見立てた円柱状の花崗岩を等間隔に埋め込んだ奥行き幅4.0cmのコンクリートプレートであり、粗骨材間のモルタル層の厚さによるミクロ挙動の影響を知るために、粗骨材間の距離がそれぞれ5mm, 10mmのものについて比較を行った(図-1)。

ミクロひずみは、粗骨材間のモルタル上に設置した5mm及び10mmのひずみゲージ、粗骨材の中心間に設置した π ゲージの値より得た。また、ミクロひずみ測定用のひずみゲージに隣接する粗骨材の表面に2方向に垂直な2mmのひずみゲージを設置し、花崗岩のヤング係数 59.90×10^3 (MPa)、ポアソン比 0.20を用いて計算した値をミクロ応力とした(図-2)。

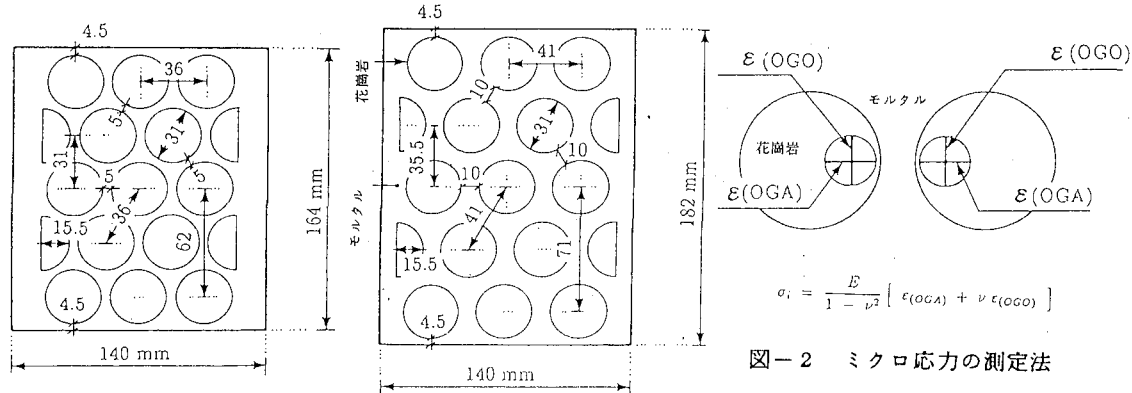


図-1 作成供試体

3. 実験結果及び考察

1) ミクロひずみ-マクロひずみ関係:

一般にこの種の理論解析においては、次のようなミクロひずみ ε_n -マクロひずみ ε_{ij} 関係式を用いている。

$$\varepsilon_n = \varepsilon_{ij} n_i n_j \quad (1)$$

ここに、 n_i, n_j : 骨材間の接触面の法線と鉛直方向との方向余弦である。

この式に従えば、 ε_{ij} はマクロひずみで供試体全体の变形から定義されるものであり、 n_i, n_j はある

マイクロプレーンによって一義的に規定される量であるので、マイクロひずみとマクロひずみは1対1の対応がなければならない。しかし実験の結果図-3に示したように、ピークまでは確かに1対1の対応をなしているが、ピーク以降はひずみが分岐において除荷側のひずみと載荷側のひずみが存在することが示された。即ち、ピーク以降の理論解析においては、現在までに規定されているマイクロプレーンモデルでは不十分であることが示された。

2) ミクロの応力-ひずみ関係:

その代表例を図-4 a, bに示した。この図の特徴は、以前の研究[1][2]で得られなかったミクロのポストピーク挙動が得られたことを示しており、これによってミクロ挙動のほぼ全容が明らかになった。

ミクロモデル[3]の解析値との比較においては、骨材間のモルタル層の厚さに関わらず良好な一致をみた。また、骨材間のモルタルの厚さが異なると、初期勾配、ピーク荷重時のひずみ、ひずみ軟化域の値が多少影響されるようである。

以上の結果から、マイクロプレーンモデルの構成則としてひずみ軟化領域を含む(a)式を提案する。

$$\sigma_n = E_n \varepsilon_n \exp \{-K |\varepsilon_n|^p\} \quad (a)$$

ここに、K:材料パラメータである。(a)式の理論値を図-4 a, bに点線で示した。

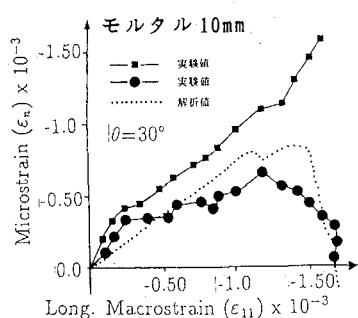
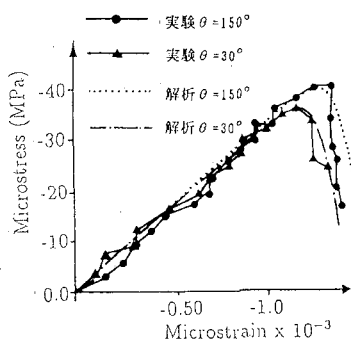
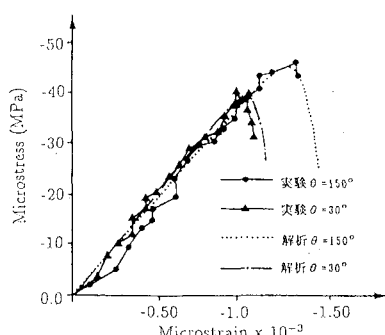


図-3 ミクロひずみ-マクロひずみ関係



(a) モルタル5mm



(b) モルタル10mm

図-4 ミクロの応力-ひずみ関係

4. 結論

- 1) ミクロひずみは、マクロひずみテンソルの構成要素であるということが確かめられた。しかし、ポストピークに関してはさらに理論の修正が必要である。
- 2) ミクロの応力-ひずみ関係における初期勾配、ピーク荷重時のひずみ、ひずみ軟化域などのミクロ材料特性を示す構成式の形を提案した。
- 3) 提案した構成則(a)によるミクロの応力-ひずみ関係の初期勾配、ピーク荷重時のひずみ、ひずみ軟化域を示すパラメータの値は、骨材間のモルタルの厚さ、強度などの関数になるようである。

参考文献

- [1] Bazant, Z.P. and Oh, A.M., "Microplane Model for Progressive Fracture of Concrete and Rock," Journal of Engineering Mechanics, ASCE, No. 4, April, 1985, pp. 559-582.
- [2] 二羽淳一郎, Farahat, A.M., 山田浩司: "Microscopic Experimental Observation of Concrete", コンクリート工学年次論文報告集 Vol. 14, No. 2, pp. 1041-1046, 1992
- [3] Farahat, A.M., Wu, Z.S., and Tanabe, T.: "Development of Microplane Model of Concrete with Plural Types of Granular Particles," Proceeding of JSCE, 1991-8, No. 433, Vol. 15, pp. 231-238.