

I-B172 急速一軸圧縮载荷を受けるコンクリートの応力-ひずみモデル

防衛大学校 学生員 上林勝敏

防衛大学校 学生員 篠崎敬一

防衛大学校 正 員 藤掛一典

防衛大学校 正 員 大野友則

1. はじめに

一軸圧縮载荷を受けるコンクリートの挙動に関して、軟化領域を含めた応力-ひずみモデルは静的载荷の場合については数多く提案されているが、ひずみ速度効果を考慮したモデルについては少ない。これは、急速一軸圧縮载荷を受けるコンクリートの軟化領域における実験データの計測が困難であることに起因している。そこで本研究は、急速一軸圧縮载荷により軟化領域を含めた応力-ひずみの計測を行い、その結果にもとづきひずみ速度効果を考慮した応力-ひずみモデルの定式化を行う。

2. 実験概要

実験には直径 10cm、高さ 20cm の円柱供試体を用い、両端には減摩パッドを挿入している。急速载荷装置を用い静的 [$\dot{\epsilon}_s = 1.2 \times 10^{-5} (1/sec)$]、低速 [$\dot{\epsilon} = 1.7 \times 10^{-2} (1/sec)$]、中速 [$\dot{\epsilon} = 4.5 \times 10^{-1} (1/sec)$]、高速 [$\dot{\epsilon} = 1.5 \times 10^0 (1/sec)$] の 4 種類の载荷速度で载荷している。[] 内の値はひずみ速度である。なお、供試体の局所ひずみおよび全体変形を計測するために図-1 に示すノッチ加工したアクリル棒(直径 10mm)にひずみゲージを貼付したものを(SMR)を供試体の中心に埋め込んでいる。

3. 実験結果および応力-ひずみモデルの定式化

(1) 各特性値とひずみ速度の関係

各载荷速度で得られた圧縮強度(f_{cd})、圧縮強度時のひずみ(ϵ_{cd})および初期弾性係数(E_{0d})と静的载荷におけるそれぞれの値に対する比とひずみ速度の関係を図-2 に示す。ここで、静的载荷における各特性値の値は、圧縮強度 $f_{cs} = 44.75$ (MPa)、圧縮強度時のひずみ $\epsilon_{cs} = 2740 (\mu)$ 、初期弾性係数 $E_{0s} = 28.9$ (GPa) である。各特性値の比とひずみ速度の関係は、実験値に対する回帰式として、式(1)~(3)で表すことができる。

(2) 破壊領域における応力-平均ひずみ関係

静的および高速载荷で得られた最大応力以降の軟化領域における代表的な供試体の軸方向ひずみ分布および破壊状況を、図-3 に示す。図のひずみ分布から、最大応力以降の軟化領域で応力の低下とともにひずみが増加する領域(破壊領域)とひずみが減少する領域が存在していることがわかる。破壊状況については、どちらか一方の材端における割裂型の破壊が顕著に見らる。また、

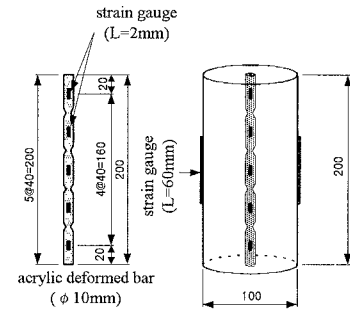


図-1 供試体の概要

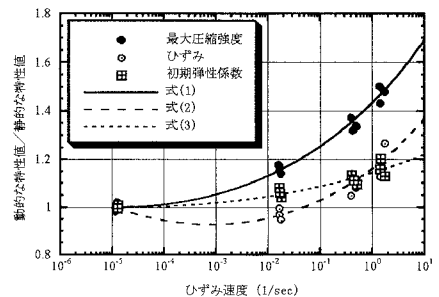


図-2 各特性値の比とひずみ速度の関係

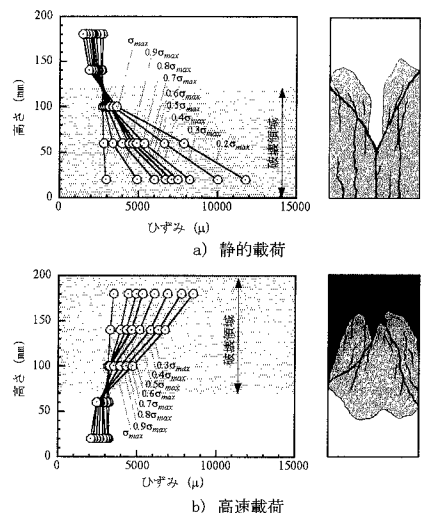


図-3 供試体のひずみ分布と破壊状況

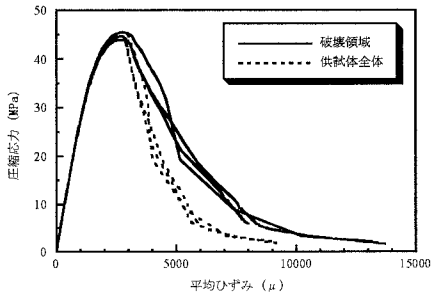
キーワード：急速一軸圧縮载荷，ひずみ速度効果，破壊領域，応力-ひずみモデル

連絡先：〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20，電話(0468)41-3810(内線 3521)，FAX(0468)44-5913

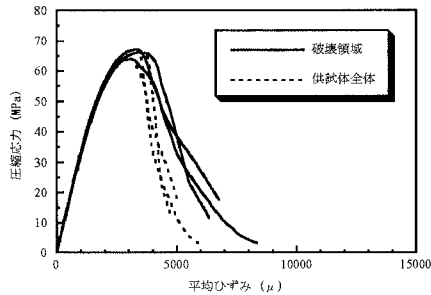
破壊状況と軸方向ひずみ分布は概ね対応することがわかる。ひずみが局所化する破壊領域長(L_d)は、载荷速度によらずほぼ一定の 13cm 程度であった。圧縮試験の結果に基づいて、応力-ひずみ関係を求めるとき、通常供試体全体の変形から得られる全体平均ひずみを用いるが、破壊領域と非破壊領域が存在するもとで得られた供試体の平均ひずみに対して応力-ひずみ関係を定式化することは望ましいとはいえない。そこで、破壊領域の範囲における平均ひずみを SMR により計測された値から算定する。図-4 に、破壊領域の範囲および供試体全体のそれぞれの平均ひずみを用いた静的・高速载荷の応力-平均ひずみ関係を示す。

(3) 応力-ひずみモデルの定式化

破壊領域における応力-ひずみモデルの定式化は、式(4)に示す Popovics 式を基本式としている。ただし、式中の n は応力の上昇域、下降域でそれぞれ別々に与えることにする。応力の上昇域では、初期弾性係数が一致するように式(5)で与える。下降域では、実験データを回帰したところ n の値と最大応力の間に線型関係が認められたことから式(6)で与えている。式(1)~(6)を用いることで任意のひずみ速度に対する応力-ひずみ関係を計算することができる。図-5 に実験および計算によって得られた破壊領域の応力-ひずみ関係を示す。計算値と実験値は良い一致を示していることがわかる。



(a) 静的载荷



(b) 高速载荷

図-4 破壊領域における応力-ひずみ関係

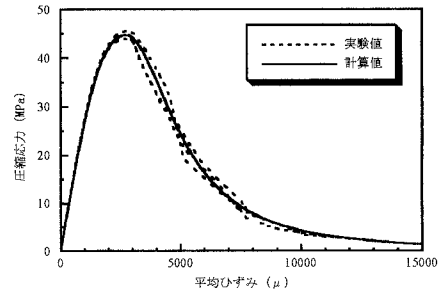
【各特性値の比とひずみ速度の関係式】

$$\frac{f'_{cd}}{f'_{cs}} = \left(\frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_s} \right)^{0.006 [\text{Log}(\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_s)]^{1.05}} \quad (1)$$

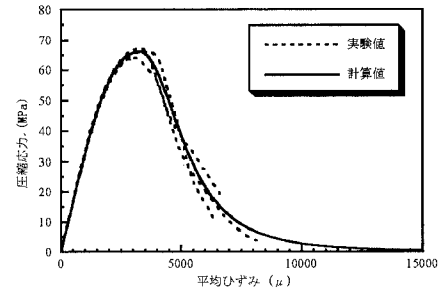
$$\frac{\epsilon_{cd}}{\epsilon_{cs}} = \left(\frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_s} \right)^{-0.036 + 0.01 \text{Log}(\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_s)} \quad (2)$$

$$\frac{E_{0d}}{E_{0s}} = \left(\frac{\dot{\epsilon}}{\dot{\epsilon}_s} \right)^{0.002 [\text{Log}(\dot{\epsilon}/\dot{\epsilon}_s)]^{1.12}} \quad (3)$$

ここで、 $\dot{\epsilon}_s = 1.2 \times 10^{-5} (1/\text{sec})$



(a) 静的载荷



(b) 高速载荷

図-5 実験値と計算値の比較

【応力-ひずみモデル】

$$\sigma = \frac{n(\epsilon/\epsilon_{cd})}{(n-1) + (\epsilon/\epsilon_{cd})^n} f'_{cd} \quad (4)$$

(a) 応力の上昇域 ($\epsilon \leq \epsilon_{cd}$)

$$n = \frac{E_{0d}}{E_{0d} - f'_{cd}/\epsilon_{cd}} \quad (5)$$

(b) 応力の下降域 ($\epsilon > \epsilon_{cd}$)

$$n = 0.07 f'_{cd} + 0.7 \quad (6)$$