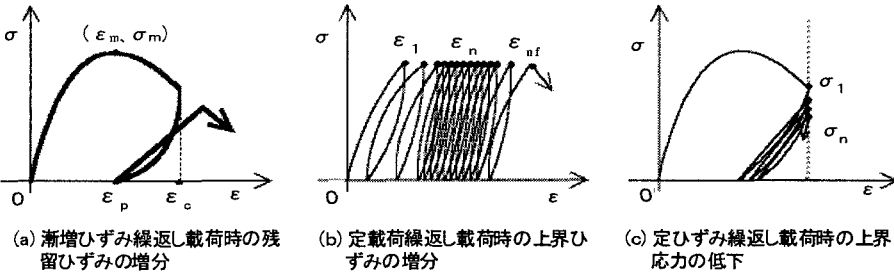


各種繰返し実験データを用いたひずみ軟化型構成モデルのパラメータ値の同定

中部大学 ○新美 直 中部大学 富板 良史
中部大学 正員 水野 英二 三重大学 正員 畑中 重光

1. はじめに

これまで筆者らは、一軸圧縮下での漸増ひずみ繰返し载荷の実験データのみを用いて、除荷および再载荷挙動のモデル化を行い、図-1に示すような圧縮下でのコンクリートの繰返し変形挙動¹⁾を再現できるように、ひずみ軟化型構成モデル(弾塑性モデル)を弾塑性・破壊モデルへと拡張した²⁾。これにより、除荷および再载荷挙動にて生ずる塑性仕事量を用いて構成モデルの負荷曲面を縮小させ、さらに繰返し载荷・除荷時での剛性(ヤング係数およびポアソン比)も変化させることで、繰返し非線形挙動を再現することが可能となった。本研究では、前回までの研究で得られた知見を基に、各種漸増ひずみ繰返し载荷実験データを用いてモデルパラメータ値の再設定を行う。



2. モデルパラメータ値の同定

2.1 実験データ

表-1に示すような、水セメント比が異なる3種類のプレーンコンクリートの実験データ³⁾を用いて、モデルパラメータ値の再設定を行う。応力度をコンクリートの一軸圧縮強度 F_c で、ひずみ値を最大圧縮応力時のひずみ値 ϵ_m で除すことにより、無次元化した実験曲線(供試体(N-70))の一例を図-2に示す。この曲線を基に、除荷部分(A-A', ..., O-O')と再载荷部分(A'-A'', ..., O'-O'')とに分け、各除荷点(A, B, ..., O)を原点として整理した除荷曲線群を図-3に、各再载荷点(A', B', ..., O')を原点として整理した再载荷曲線群を図-4に示す。

以下に、これら除荷曲線および再载荷曲線の傾き(ヤング係数E)の変化をエネルギー吸収量 W_p を用いてモデル化する。エネルギー吸収量 W_p とは実験曲線より求められ、载荷曲線、除荷曲線および再载荷曲線で囲まれる面積である。

2.2 除荷曲線のパラメータ値の同定

各除荷時点(異なるエネルギー吸収量 W_p 値)に対する除荷曲線は、次式により定義される。

$$\Delta\sigma/F_c = e^a \left(\frac{\Delta\epsilon}{\epsilon_m} \right)^b \tag{1}$$

ここで、 $\Delta\epsilon$ は除荷点ギーからのひずみ増分、 $\Delta\sigma$ は同点からの応力増分である。このときのa値およびb値は W_p 値の関係で表現される。最小二乗法を用いて整理した結果を図-5および図-6に示す。a値は除荷および再载荷のサイクルを繰り返す毎に曲

表-1 コンクリートの種類

供試体	水セメント比(%)	一軸圧縮強度 F_c (MPa)	最大圧縮応力時のひずみ ϵ_m (%)
N-70	70	2.69×10	1.52×10^{-1}
N-55	55	3.41×10	1.90×10^{-1}
N-45	45	4.28×10	1.87×10^{-1}

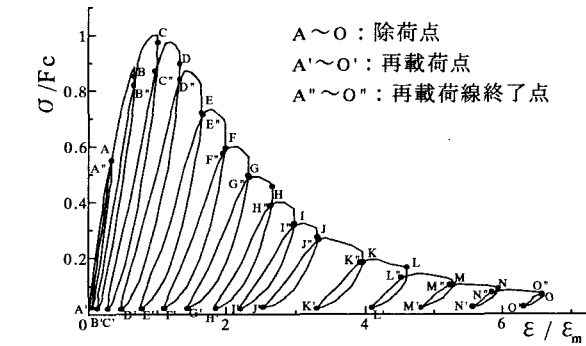


図-2 漸増ひずみ繰返し载荷実験曲線(N-70)

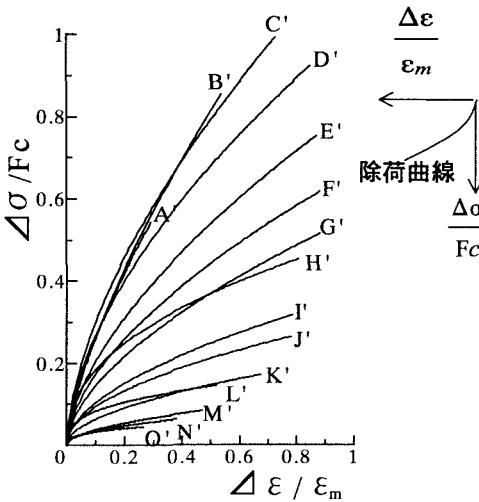


図-3 除荷曲線(N-70)

線的な減少を示す傾向にある。3 種類のコンクリートが同じような傾向を示し、有意な差が認められないことから1つの曲線として次式を用いて表現する。

$$a = -0.178 \text{EXP} \left[\frac{0.70 W_p}{W_{ppeak}} \right] + 0.681 \quad (2)$$

ここで、 W_p/W_{ppeak} は W_p をコンクリート破壊時のエネルギー吸収量 W_{ppeak} により除し、無次元化したものである。初期のヤング係数 E を保ったまま線形弾性挙動する初期弾性域内の W_p/W_{ppeak} の範囲は、 $0 < W_p/W_{ppeak} \leq 0.014$ である¹⁾。初期弾性域内では3種類のコンクリートに対して、 $a = 0.503$ と一定値を設定している。

b 値に関しても値の増減はあるものの、図-5 と同様にサイクルを繰り返す毎に減少する傾向がある。それゆえ、 b 値に対しても1つの曲線にて次式のように近似する。

$$b = -0.047 \left(\frac{W_p}{W_{ppeak}} \right) + e^{-0.395 \left(\frac{W_p}{W_{ppeak}} \right)^{-0.0928}} \quad (3)$$

ここで、初期弾性域内 ($0 < W_p/W_{ppeak} \leq 0.014$) では、3 種類のコンクリートとも b 値を 1.0 とする。

2.2 再載荷曲線のパラメータ値の同定

図-4 に示したような再載荷曲線群を直線と仮定してモデル化を行う。除荷曲線に対する設定と同様に、 $\Delta \epsilon$ は再載荷点からのひずみ増分および $\Delta \sigma$ は同点からの応力増分である。傾きの基準に初期のヤング係数 E を用いた再載荷曲線の傾き E^r/E と W_p/W_{ppeak} との関係を最小二乗法を用いて次式にて表現する。

$$E^r/E = \text{EXP} \left[6.33 \times 10^{-3} - 0.452 \frac{W_p}{W_{ppeak}} \right] \quad (4)$$

式(4)は、図-7 に示すような曲線的な低下を示す。初期弾性域内では、再載荷曲線の傾きは初期の傾きとして 1.0 を用いる。 E^r/E は、エネルギー吸収量の増大に伴い 0 に近づくので下限値として 0.18 を設ける。

3. まとめ

3 種類の水セメント比の異なるコンクリートの漸増ひずみ繰り返し載荷実験データを基に、ひずみ軟化型構成モデルのモデルパラメータを再設定した。ひずみ軟化型構成モデルを用いた、図-1(b)の定載荷繰り返し載荷および図-1(c)の定ひずみ繰り返し載荷に対する検証解析結果については、発表当日に報告する。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、中部大学総合工学研究所補助金（第6部門）を受けたことを付記し、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：塑性域の繰り返し劣化性状に関するシンポジウム，委員会報告書，2.2.1 繰り返し載荷時の応力-ひずみ曲線（担当：畑中重光），115～128，1998。
- 2) 水野英二，高瀬雄士，畑中重光：ひずみ軟化を考慮したコンクリートの繰り返し変形挙動のモデル化，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.22-3，109～114，2000。
- 3) 渡辺泰啓：高応力繰り返し荷重を受けるコンクリートの変形・破壊挙動に関する実験的研究，名古屋大学大学院修士論文，1978。

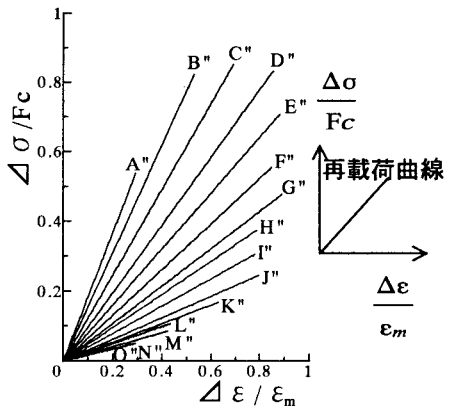


図-4 再載荷曲線(N-70)

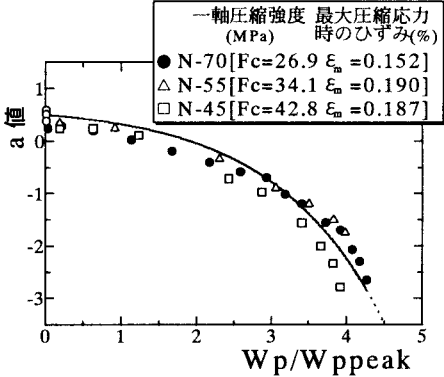


図-5 a 値- W_p/W_{ppeak} 関係

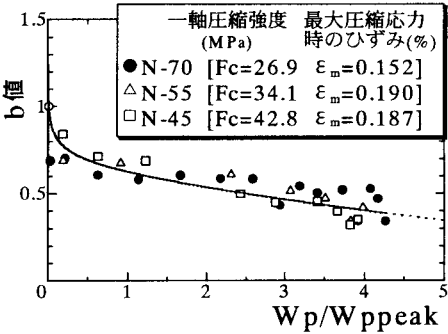


図-6 b 値- W_p/W_{ppeak} 関係

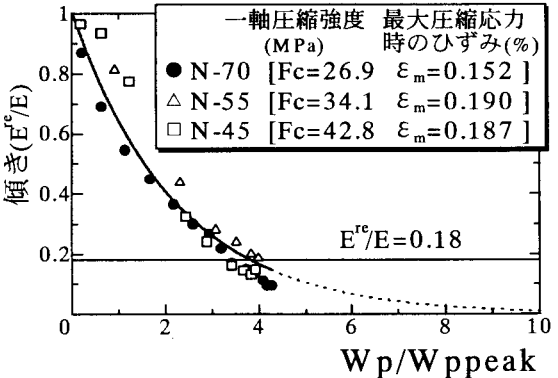


図-7 再載荷曲線の傾き- W_p/W_{ppeak} 関係