

ブリーディング層を有するプレーンコンクリートの三次元有限要素圧縮解析

(株)東京鐵骨橋梁 正員 渡邊 啓 岐阜大学大学院 学正員 西山 裕子
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、筆者らはひずみ軟化型コンクリート構成モデルを組み込んだ三次元有限要素プログラム FEAP を用いて、材料不整（ここでは、ブリーディング層と呼ぶ）を有するプレーンコンクリート供試体の圧縮・寸法効果解析を行ってきた¹⁾。本解析では、汎用有限要素プログラム DIANA に既存する、コンクリートのひずみ軟化特性を考慮できる Drucker-Prager 型弾塑性構成モデルを採用し、文献 1)と同様なタイプのブリーディング層を有するプレーンコンクリート供試体の三次元圧縮解析を行い、コンクリート内部への拘束状況および圧縮変形特性を考察する。

2. 供試体概要および解析モデル

(1) 解析概要：本解析で解析対象とした供試体（高さ幅比 $H/D = 2$ ）を図 - 1 に示す。供試体の形状・材料に関する諸量を表 - 1，各供試体に対する解析ケースを表 - 2 に示す。本研究では、表 - 1 および表 - 2 に基づき、 H/D の比を

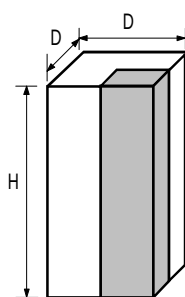


図 - 1 全体供試体図

表 - 1 寸法・材料データ

供試体寸法		材料データ	
断面：D×D (cm)	高さ：H(cm) H/D=2	E_c (GPa)	ν_c
a: 10×10	20	25.0	0.2
b: 20×20	40		
c: 40×40	80		

D：供試体幅， E_c ：コンクリートのヤング係数，
H：供試体高さ， ν_c ：コンクリートのポアソン比

表 - 2 各供試体に対する解析ケース

	各ブリーディング層(10cm あたり)の強度差 $\Delta f'_c$ (MPa/10cm)
ケース 1	1
ケース 2	2

2 と一定にして、断面の大きさ(D×D)を 10, 20 および 40 cm と変化させた供試体（計 6 種類）について解析を行った。供試体へのブリーディング層の導入に際して与えた強度分布例を図 - 2 に示す。本解析ケースでは、強度分布として、各ブリーディング層 10 cm 当たりには 2 MPa および 1 MPa の強度差を与えた。また、全供試体とも最下層の一軸圧縮強度 f'_c を 30 MPa と設定した。解析モデルは断面の二軸対称性より供試体の 1/4 部分（図 - 1 に示す斜線部分）を対象とし、上下端部を無拘束（摩擦のない状態）とした。供試体 b（20 cm×20 cm×40 cm）を例に、その要素分割図を図 - 3 に示す。本研究では、一要素当たりの寸法を 2.5 cm×2.5 cm×2.5 cm の立方体として要素分割を行った。

(2) 構成モデル：圧縮強度 f'_c (= 30 MPa) のブリー

ディング層に対して、水野らのひずみ軟化型構成モデル¹⁾と同様な一軸圧縮応力 - ひずみ関係（図 - 4 に示す応力 - ひずみ曲線）が再現できるように、Drucker-Prager モデルの軟化特性として粘着力 c - 等価塑性ひずみ κ 関係²⁾を設定した。また、一軸圧縮強度 f'_c (= 30 MPa) 以外のブリーディング層に対しては、図 - 4 に示すように、一軸圧縮強度 30 MPa の応力 - ひずみ曲線を圧縮強度比 (= $f'_c/30$ MPa) により原点を中心に縮小し、その平均応力 - 平均ひずみ曲線を用いてひずみ軟化特性 ($c - \kappa$ 曲線)を設定した。

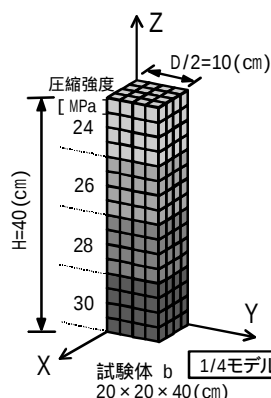


図 - 3 要素分割図

供試体 a, b, c の強度差 2(MPa/10cm)

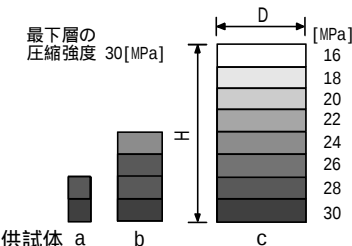


図 - 2 供試体寸法およびブリーディング層に関する強度分布図例

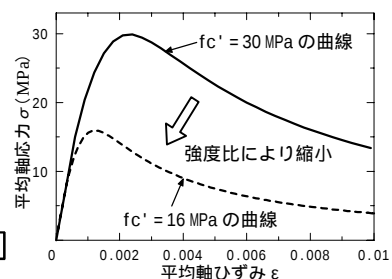


図 - 4 ブリーディング層の応力 - ひずみ関係

キーワード：拘束効果，寸法効果，ブリーディング層，応力 - ひずみ関係，プレーンコンクリート，三次元有限要素解析
連絡先 〒487-8501 春日井市松本町 1200 中部大学工学部土木工学科 TEL:0568-51-1111 内 4252 FAX:0568-51-1495

(3) 破壊曲線および流れ則: 粘着力 c ($= 8.0$ MPa) および内部摩擦角 ϕ ($= 33^\circ$) を用いてコンクリートの破壊曲面 (Drucker-Prager 型の破壊曲面) を設定し, 塑性ひずみ増分の計算には関連流れ則を用いた。

3. 解析結果および考察

(1) 平均軸応力 - ひずみ関係: 解析ケース 1 ($\Delta f_c' = 1$ MPa/10 cm) およびケース 2 ($\Delta f_c' = 2$ MPa/10 cm) の解析結果

を図 - 5 (a) および (b) に示す。図 - 5 (a) および (b) から分かるように, 各供試体の上昇域での応力 - ひずみ曲線の差異は小さいが, 寸法の増大に伴い圧縮耐力およびポストピーク挙動が大きく異なる。これは, ブリーディング層の導入により寸法が大きいほど, 供試体上部により弱い強度層を含むためである。

(2) 各要素の応力 - ひずみ関係: 図 - 6 には, 供試体 b ($20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 40\text{ cm}$; $\Delta f_c' = 2$ MPa/10 cm) を例に, 各ブリーディング層下部の各要素 (図 - 6 (1) に示す 1 層当たり 10 要素) の応力 - ひずみ関係を示す。

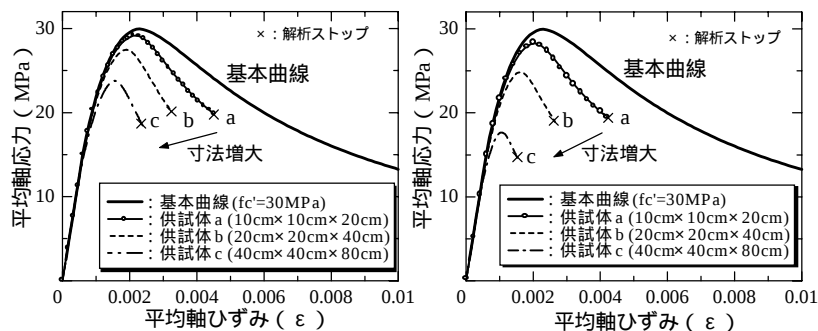
図 - 6 (1) および (2) に示す基本曲線

(- - 線) と比べて, 上側の曲線を再現する要素では等価拘束圧¹⁾が圧縮となり, 下側の曲線を再現する要素では等価拘束圧が引張となる。上部 1/4 部分から 1/2 部分までの層 (26 MPa 強度の層) において, 軟化挙動が生じており, その後全体の破壊に至ると推測できる。また, 図 - 6 (3) および (4) に示すように, 下部断面内では, ほとんどの要素にて除荷挙動を示す。

(3) 等価拘束圧状況: 図 - 7 (a) ~ (e) には, 供試体 b ($20\text{ cm} \times 20\text{ cm} \times 40\text{ cm}$; $\Delta f_c' = 2$ MPa/10 cm) の 0.2% ピークひずみ時点における各ブリーディング層間および上下端部の等価拘束圧の状況を示す。供試体上部の層内中央部では圧縮の等価拘束圧, 供試体中心部および下部の層内中央部では引張の等価拘束圧が生じていることが分かる。

参考文献

- 1) 水野英二, 森本康介, 畑中重光: 中心軸圧縮力を受けるコンファインドコンクリートの拘束効果に関する三次元 FEM 解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20-3, 85-90, 1999.
- 2) DIANA User's Manual, 1999.



(a) ケース 1 ($\Delta f_c' = 1$ MPa/10 cm) (b) ケース 2 ($\Delta f_c' = 2$ MPa/10 cm)

図 - 5 各解析ケースにおける供試体の平均軸応力 - ひずみ関係

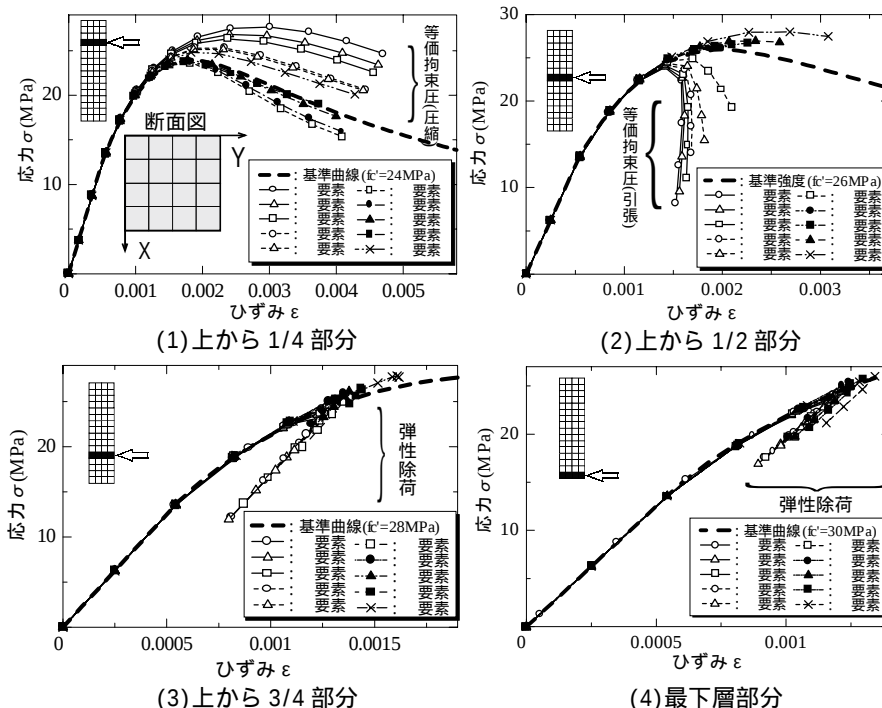


図 - 6 各断面内要素 ~ の応力 - ひずみ関係 (供試体 b; ケース 2)

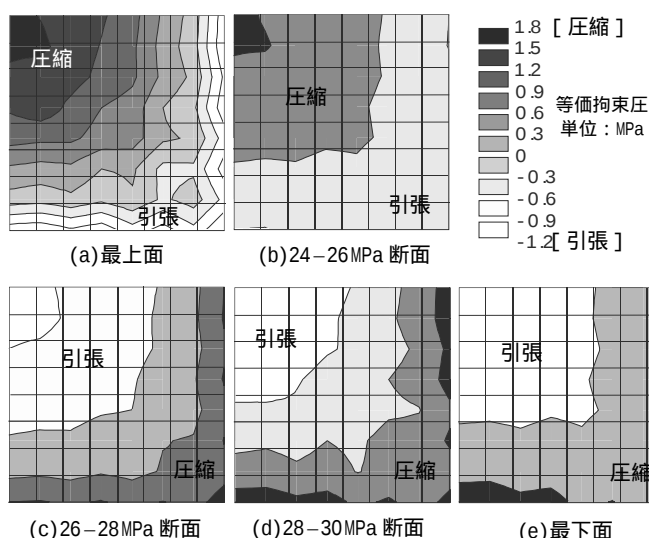


図 - 7 0.16%ピークひずみ時点の等価拘束圧状況 (供試体 b; ケース 2)