

I-A269 プリーディング層を考慮したコンクリート供試体の寸法効果に関する三次元 FEM 解析

三重大学 正会員 畑中重光
前田建設工業 森本康介
中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

一般に鉄筋コンクリート構造物や部材の耐力は、寸法が大きくなるにつれて低下することが知られている。この現象は寸法効果と呼ばれ、寸法効果の原因として諸々の要因が考えられるが、本研究では、この現象の一考察として、寸法の異なるプレーンコンクリート供試体に材料不整（プリーディング層）を導入し、三次元有限要素解析を行うことにより寸法効果現象の再現を試みた。また、コンクリート部分の構成則にはこれまでに筆者らが開発したひずみ軟化型モデル[1][2][3]を採用した。

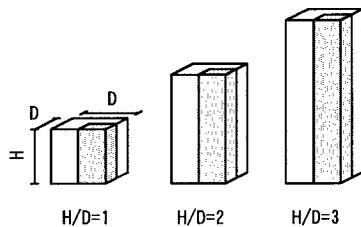
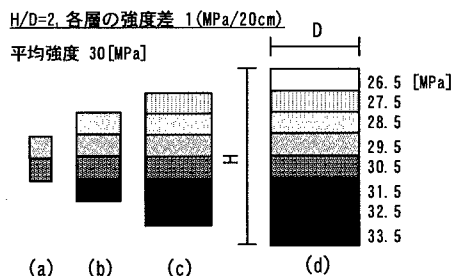
2. 解析

（１）解析対象：解析対象とした供試体（高さ幅比 $H/D=1, 2, 3$ ）を図－１に示す。なお、解析は供試体の 1/4 領域（図中の斜線部）にて行った。解析条件を表－１に、供試体の形状・材料に関する諸量を表－２および図－２に示す。本研究では、表－１に示す解析条件に基づいて、形状（ H/D の比）および断面の大きさ（ $D \times D$ ）を変化させた供試体（表－２に示す計 12 種類）について解析を行った。供試体へのプリーディング層の導入に際して与えた強度分布例（ここでは、 $H/D=2$ 、各層の強度差 $\Delta F_c=1(\text{MPa}/20\text{cm})$ ）を図－２に示す。このケースでは強度分布として、各層毎（20cm）に 1 [MPa] の強度差を与えた。また、各層の強度を平均化するとコンクリートの一軸圧縮強度は、 $f_c'=30.0[\text{MPa}]$ となるように設定した。

（２）要素分割図：有限要素解析に用いた供試体の要素分割図を図－３に示す。本研究では、一要素当たりの寸法を $10 \times 10 \times 10(\text{cm})$ の立方体として要素分割を行った。また、解析モデルは、断面の二軸対称性から、供試体の 1/4 部分とした。

表－１ 解析条件

	プリーディング層の有無	端部拘束の有無	各層の強度差 $\Delta F_c (\text{MPa}/20\text{cm})$
ケース 1	あり	あり	1
ケース 2	あり	なし	1
ケース 3	なし	あり	なし
ケース 4	あり	あり	2
ケース 5	あり	なし	2
ケース 6	なし	あり	なし

図－１ H/D の異なる供試体（全体図）

図－２ 供試体寸法およびプリーディング層の強度分布例

表－２ 供試体の形状・材料データ

供試体寸法				材料データ	
断面： $D \times D$ (cm)	高さ：H (cm)			E_c (GPa)	ν_c
	$H/D=1$	$H/D=2$	$H/D=3$		
(a) 20×20	20	40	60	21.0	0.2
(b) 40×40	40	80	120		
(c) 60×60	60	120	180		
(d) 80×80	80	160	240		

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

キーワード：プリーディング層 寸法効果 コンクリート供試体 三次元有限要素解析

連絡先 〒514-0008 三重県津市上浜町 1515 三重大学工学部建築学科（TEL：059-231-9449；FAX：059-231-9452）

連絡先 〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 中部大学工学部土木工学科（TEL：0568-51-1111；FAX：0568-52-0134）

(3) 境界条件：端部拘束を導入しない場合は $X=0$ および $Y=0$ 平面でそれぞれ X および Y 方向を固定し、端部拘束を導入する場合はさらに上下端部の平面で X および Y 方向を固定した。

(4) 解析プログラム：本研究では、8 節点アイソパラメトリック三次元ソリッド要素[4]を組み込んだ有限要素プログラム FEAP[5]を使用する。コンクリートのひずみ軟化領域まで解析するため、供試体（高さ H ）の上部に軸ひずみ 0.005% を与える変位制御とした。

(5) 構成モデル：コンクリート部分には、筆者らのひずみ軟化型モデル[3]を採用し、鉄筋部分には von Mises モデルを用いた。

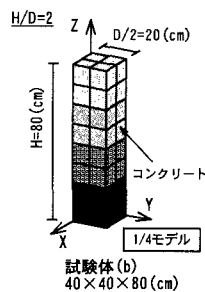
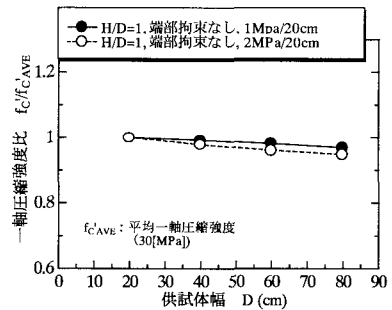
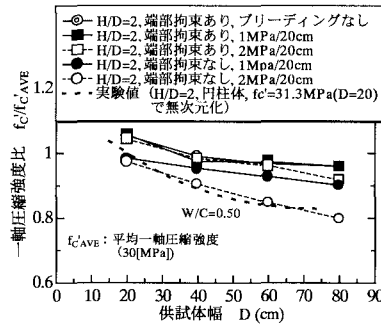


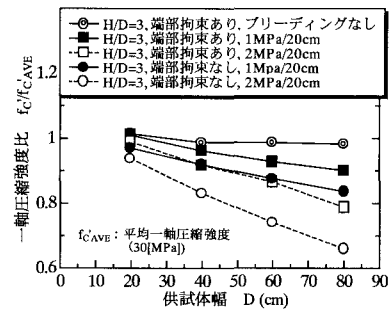
図-3 要素分割例



(a) $H/D=1$



(b) $H/D=2$



(c) $H/D=3$

図-4 寸法の違いによる一軸圧縮強度比

3. 解析結果

各供試体形状 ($H/D=1$,

2, 3) ごとにまとめた供試体寸法と一軸圧縮強度比の関係を図-4 (a), (b) および (c) に示す。縦軸の一軸圧縮強度比 $f_c'/f_{c'_{AVE}}$ とは、各供試体の最大応力 f_c' をコンクリートの平均一軸圧縮強度 $f_{c'_{AVE}}$ （ここでは、30[MPa]と設定）で除した値である。横軸は、各供試体の幅 D (cm)を普通目盛で示した。実験値[6]（図中の点線）も示してあるが、図中の値は $D=20$ (cm)時の圧縮強度（ここでは、31.3MPa）で除してある。また、この実験結果は円柱供試体 ($H/D=2$) に対して得られたものであることを付記しておく。解析結果より、形状比 (H/D の比) および強度勾配が大きい場合の方が、強度比が低く、より急勾配な一軸圧縮強度比 $f_c'/f_{c'_{AVE}}$ - 供試体幅 D 関係が得られることを確認した。図-4 (b) によれば、実験値に見られる一般的傾向、すなわち供試体幅 D が大きくなるにつれ圧縮強度の低下率が小さくなる傾向は、端部拘束の影響を大きく受けることが推測される。しかし、図-4 (c) に示すように、 $H/D=3$ 、端部拘束あり、プリーディング層あり (1, 2 (MPa/20cm)) という条件下での解析結果には、そのような傾向が見られない。これは、形状比が $H/D=3$ の供試体は $H/D=2$ の供試体に比べ、より弱い強度層を含むことになるため、供試体内では端部拘束の影響よりもプリーディング層の影響の方が強くなったと考えられる。

4. まとめ

プレーンコンクリートの三次元有限要素解析において、プリーディング層の導入を行い、実験で見られる圧縮強度の低下傾向（寸法効果）を定量的に再現できることを確認した。

謝辞：本研究費の一部は、文部省ハイテクリサーチ構想による研究費（中部大学）、および平成9・10年度文部省科研費・基盤研究B(2)（研究代表者・谷川恭雄 名古屋大学大学院教授）によったことを付記する。

参考文献

- [1] 水野英二・畑中重光：塑性理論によるコンクリートの圧縮軟化特性のモデル化，コンクリート工学論文集，Vol.2(2)，pp.85-95，1991.
- [2] 水野英二・畑中重光：塑性理論によるコンクリートの経路依存型圧縮軟化特性のモデル化，コンクリート工学論文集，Vol.3(2)，pp.1-13，1992.
- [3] 柴麻紀・前田欣昌・畑中重光・水野英二：ひずみ軟化を考慮したコンクリート構成モデルの開発，コンクリート工学年次論文集，Vol.18(2)，pp.401-406，1996.
- [4] Chen, W. F. and Mizuno, E.: Nonlinear Analysis in Soil Mechanics, Elsevier, 1990
- [5] Zienkiewicz, O. C.: The Finite Element Method, Third Ed., (吉識・山田監訳：マトリックス有限要素法)，培風館，pp.672-796，1984.
- [6] Department of the Interior: Cement and Concrete Investigations, US Bureau of Reclamation, Boulder Canyon Project, Final Report, Part VII, Bulletin 4, 1965.