

骨材率の変動がコンクリートの弾性定数ならびに圧縮強度に与える影響に関する解析的研究

中部大学 ○青木 健 中部大学 正員 伊藤 睦 中部大学 正員 水野英二

1. まえがき

本研究では、コンクリートを構成するモルタルおよび骨材の「応力-ひずみ関係」を表現するために構築した二次元粒子モデルを応用して、骨材率の変動がコンクリートの弾性定数ならびに圧縮強度に与える影響に関する解析的研究を行った。ここでは、モルタルおよび骨材の粒子モデル（1 ユニット）を組み合わせることで、異なる骨材率（0 %～100 %）を有するコンクリート供試体（20 cm×10 cm）の非線形 FEM 圧縮解析を実施し、解析結果と実験結果とを比較・検討した。

2. 解析の概要

2.1 構成モデル

本解析で用いた構成モデルは、筆者らにより構築された粒子モデルである。粒子モデルは、図-1 に示すように、ユニットモデルを水平、鉛直材ならびに斜材で構成したトラス構造体であり、その大きさ（縦、横および奥行き）は単位長さ 1 を有する。

2.2 コンクリート供試体の概要ならびに材料定数

解析対象となる供試体の寸法は、縦 20 cm×横 10 cm とし、ユニットの単位長さを 1 cm とした。また、表-1 に示すようなモルタルおよび骨材の弾性定数、圧縮ならびに引張強度を設定した。ここでは、モルタルならびに骨材率（10 %～40 %）の弾性定数、およびモルタルの圧縮強度は川上¹⁾の実験値を用い、骨材率 50 %以上の弾性定数は骨材率（10 %～40 %）の弾性定数の平均値とし、骨材の圧縮強度は 180 MPa とした。なお、各材料の引張強度は各々の圧縮強度の 1/10 とした。

2.3 解析モデル

図-2 に示すように、本解析モデルは計 200 の粒子モデルにより構成され、圧縮力（強制変位）を作用させた際、変形が左右対称に生ずるように境界条件を設定した。また、コンクリート供試体の分割モデルの一例として、骨材率 10 %、20 %および 30 %における分割モデルを図-3 に示す。ここでは、ランダム発生原理を用いて、骨材の配置を設定した。

2.4 解析ケース

ここでは、骨材率（0 %、10 %、20 %、30 %、40 %、50 %、60 %、70 %、80 %、90 %、100 %）を 11 水準、骨材配置を 4 水準、計 38 ケースの非線形 FEM 圧縮解析を行い、骨材率の変動による弾性定数ならびに圧縮強度に与える影響について検証した。

3. 解析結果および考察

3.1 応力-ひずみ関係

一例として、本解析から得られた応力-ひずみ関係を図-4 に示す。解析から、骨材率の変動に関係なく、粒子モデルを構成するトラス部材の水平材が引張破壊し、次に鉛直材が圧縮破壊することが分かった。

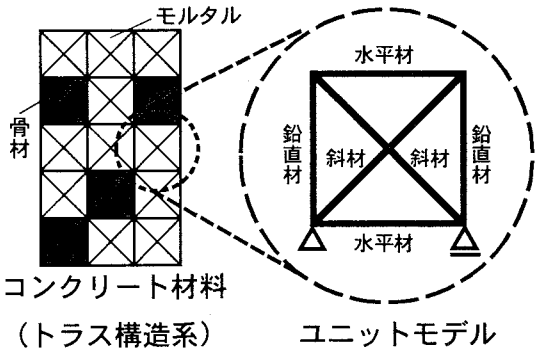


図-1 粒子モデル概略

表-1 材料定数と材料強度

	弾性定数 E (GPa)	圧縮強度 f _c ' (MPa)	引張強度 f _t (MPa)
モルタル	23.30	54.3	5.43
骨材率 (10 %)	55.89	180.0	18.00
骨材率 (20 %)	54.93	180.0	18.00
骨材率 (30 %)	55.42	180.0	18.00
骨材率 (40 %)	54.98	180.0	18.00
平均	55.30	180.0	18.00

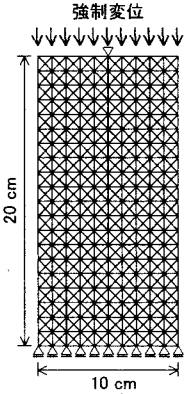


図-2 解析モデル

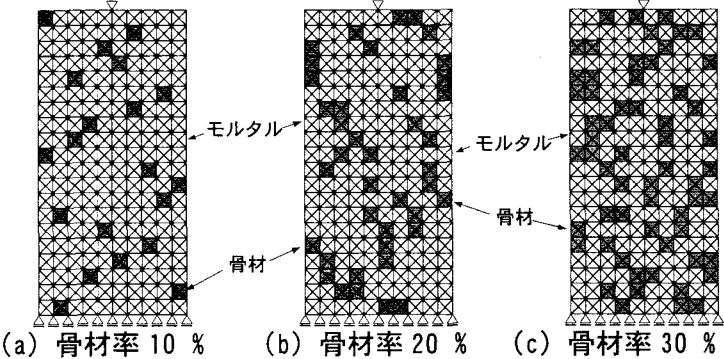


図-3 分割モデル（一例）

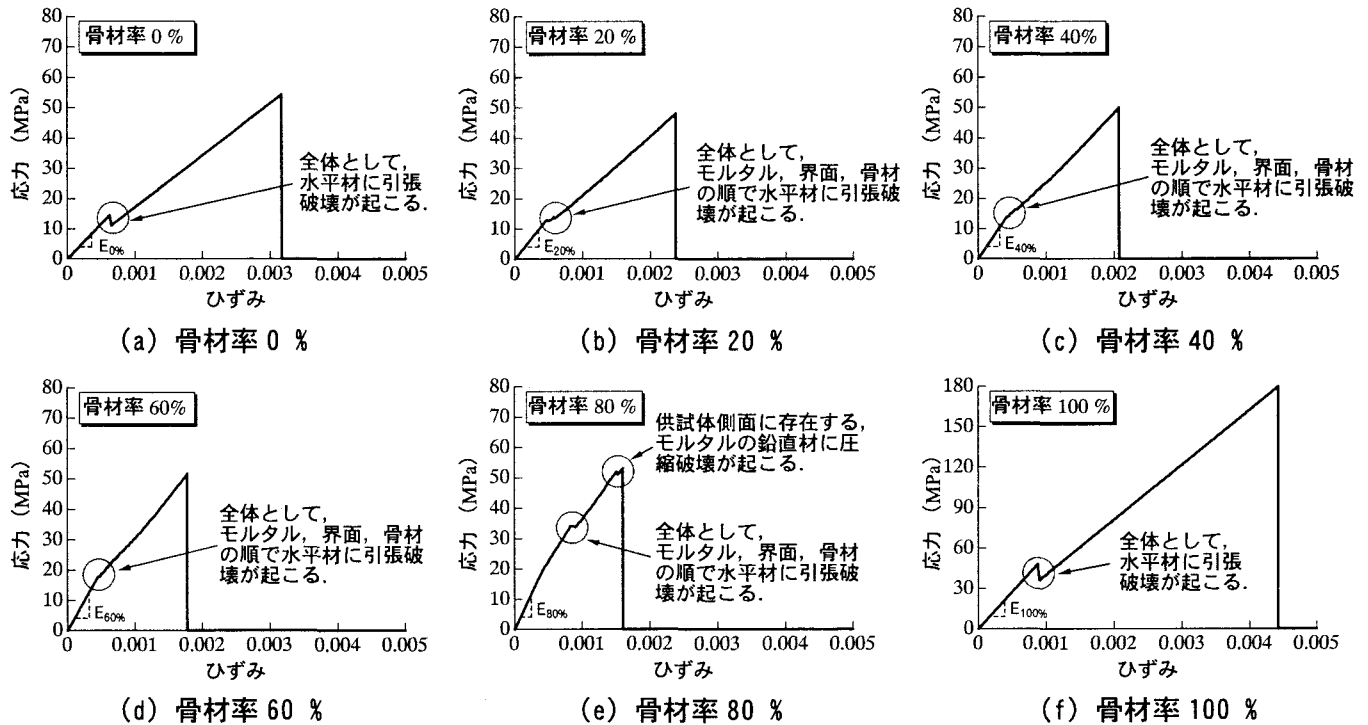


図-4 応力-ひずみ関係 (一例)

3.2 骨材率と圧縮強度

図-5 から分かるように、解析結果は骨材率の増加に伴って、モルタルの圧縮強度よりも低い強度を示す傾向にある。これは川上¹⁾による実験結果の傾向と一致し、本解析に用いた粒子モデルの妥当性を示すものである。また、骨材およびモルタルなど異種の強度を有する材料を組み合わせると、複合材料の圧縮強度は図-5 に示すような変動をすることが分かった。

3.3 骨材率と弾性定数

複合材料の弾性定数の評価に対しては、いくつかの複合モデルが提案されている。その中で最も精緻とされる Hashin - Hansen モデル式²⁾を比較の対象として用いた。図-6 より分かるように、解析結果は骨材率の増加に伴って、弾性定数がほぼ一定の割合で増加する傾向にあり、この傾向は複合理論値と一致し、本解析の有効性を確認することができた。

3.4 最大荷重時の変形図

解析結果の一例として、骨材率 20 % および 80 % における最大荷重時の変形図 (解析で得られた変位を 20 倍に拡大) を図-7 に示す。

4. まとめ

コンクリートを構成するモルタルおよび骨材に粒子モデルを用いた非線形 FEM 解析において、「骨材率と圧縮強度」の関係は川上¹⁾による実験結果と一致し、「骨材率と弾性定数」の関係は Hashin - Hansen モデル式²⁾による複合理論値とほぼ一致した。これらの解析結果より二次元粒子モデルの有効性を確認することができた。

謝辞：本研究は、平成 16 年度土木学会中部支部調査研究委員会ワークショップ助成金ならびに日本私立学校振興・共済事業団の学術研究振興資金により行われたことを記し、ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 川上英男：砕石コンクリートの弾性係数評価，コンクリート工学年次論文集 Vol. 24, No.1, 2002
- 2) Hansen, T.C. : Theories of multi-phase materials applied to concrete, cement mortar and cement paste. "The Structure of Concrete," Proceedings of an International Conference, London, September 1965

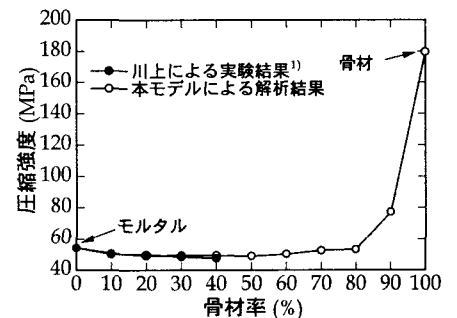


図-5 骨材率と圧縮強度の関係

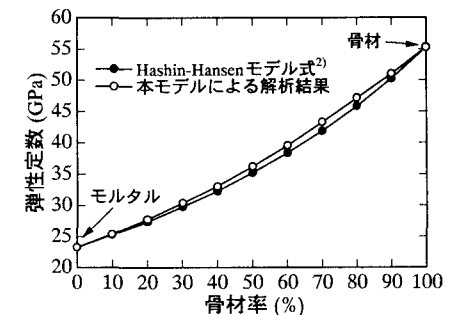
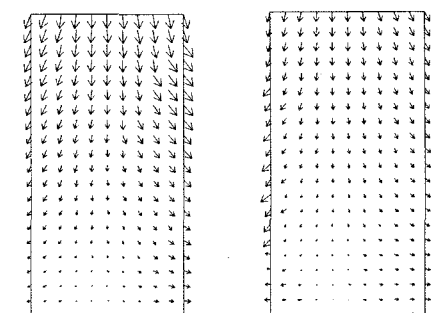


図-6 骨材率と弾性定数の関係



(a) 骨材率 20 % (b) 骨材率 80 %

図-7 最大荷重時の変形図 (一例)