

# モルタルおよび骨材に二次元粒子モデルを適用したコンクリートの圧縮破壊解析

岐阜大学大学院 学員 ○青木 健 中部大学 正員 伊藤 睦 中部大学 正員 水野 英二

## 1. はじめに

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」を表現することができる二次元粒子モデル<sup>1)</sup>を応用して、骨材粒径ならびに骨材率の変動がコンクリートの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により、骨材粒径（0 mm～25 mm）ならびに骨材率（0%～60%）を変化させたコンクリート供試体（縦 20 cm×横 10 cm）の圧縮破壊解析を実施し、解析結果と実験結果<sup>2)</sup>とを比較・検討した。

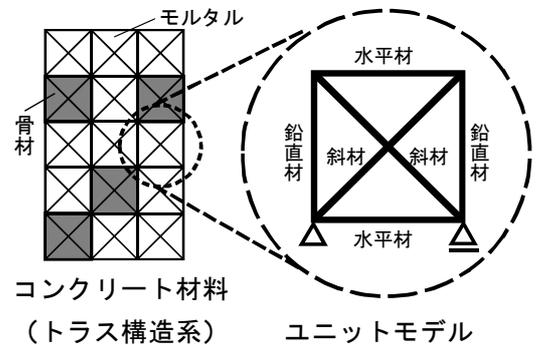


図-1 二次元粒子モデル概略

## 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、水野らにより開発された二次元粒子モデル<sup>1)</sup>である。二次元粒子モデルは図-1に示すように、水平材、鉛直材ならびに斜材により構成されるユニットモデル（トラス構造体）である。また、本ユニットモデルは材料の基本的な「圧縮破壊」、「引張破壊」、および「せん断破壊」挙動を表現できるように、トラス部材の微視（仮想）的な材料定数ならびに諸元を同定したモデルであり、その大きさ（縦、横および奥行き）は単位長さ1を基本とする。

表-1 材料定数と材料強度

	骨材粒径 (mm)	弾性定数 E (GPa)	圧縮強度 $f_c$ (MPa)	引張強度 $f_t$ (MPa)
モルタル	5	18.30	30.40	3.040
骨材		50.00	180.00	18.000
モルタル	10	17.30	29.45	2.945
骨材		50.00	180.00	18.000
モルタル	15	16.80	29.55	2.955
骨材		50.00	180.00	18.000
モルタル	20	17.65	31.95	3.195
骨材		50.00	180.00	18.000
モルタル	25	18.00	33.30	3.330
骨材		50.00	180.00	18.000

### 2.2 コンクリート供試体の概要ならびに材料定数

解析対象となるコンクリート供試体の寸法は、縦 20 cm×横 10 cm とし、ユニットモデルの長さを 0.5 cm（奥行き 1 cm）とした。ここでは、各骨材粒径におけるモルタルおよび骨材の弾性定数、モルタルの圧縮強度は川上の実験結果<sup>2)</sup>を用いた。また、骨材の圧縮強度、および各材料の引張強度は各々の圧縮強度の 1/10 と設定した（表-1 参照）。これらの材料強度を再現できるように粒子モデルを構成するトラス部材の仮想的な材料定数ならびに諸元を同定した（文献<sup>1)</sup>参照）。なお、モルタルおよび骨材といった異なる材料のユニットモデルが重なり合う場合、その水平材および鉛直材を界面部材と定義し、骨材強度を基準とした界面部材の強度を最大界面強度、モルタル強度を基準とした界面部材の強度を最小界面強度とした。

### 2.3 解析モデル

図-2に示すように、本解析モデルは計 800 個（= 40×20）のユニットモデルにより構成され、軸圧縮力（強制変位）を作用させた際、均一材料のコンクリート供試体では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、分割モデルの一例として、骨材率 40% における、骨材粒径が 10 mm ならびに 20 mm を有するコンクリート供試体を図-3に示す。ここでは、骨材を隣接させないという条件の下でランダム発生の原理を用い骨材の配置を設定した。

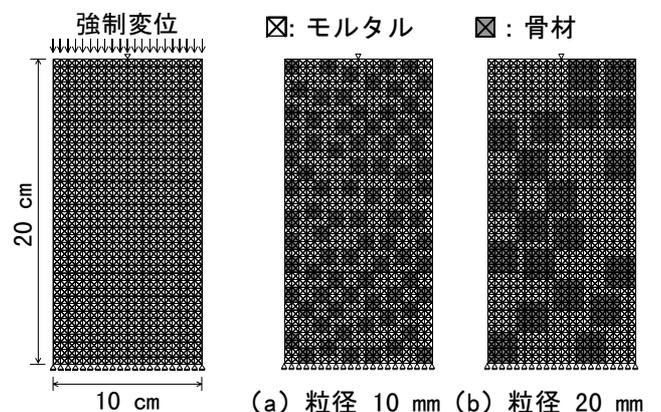


図-2 解析モデル

図-3 分割モデル（骨材率 40%）

キーワード：コンクリート、骨材粒径、骨材率、圧縮強度、粒子モデル、数値解析  
連絡先：〒478-8501 愛知県春日井市松本町 1200 中部大学工学部都市建設工学科 TEL 0568-51-9542

## 2.4 解析ケース

解析ケースとして、骨材粒径を6水準（0 mm, 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm）、骨材率を7水準（0 %、10 %、20 %、30 %、40 %、50 %、60 %）、骨材率ごとに骨材配置を2水準、界面部材の強度を2水準、計121ケースの圧縮破壊解析を実施した。

## 3. 解析結果および考察

### (1) 応力-ひずみ特性と破壊の進展

界面部材に最大界面強度を用いた解析結果の一例として、図-3に示すコンクリート供試体（骨材率40 %：骨材粒径20 mmの場合）の応力-ひずみ曲線を図-4に示す。本解析結果から、圧縮強度の約30 %時点で骨材周辺のモルタルを構成する水平材がまず引張破壊し、その引張破壊（ひび割れ）がモルタル間を斜め方向に伝播することを確認した。

続いて、最大圧縮応力時ではモルタルの水平材および斜材に引張破壊が混在する状態となり、最終的にはモルタルの鉛直材の圧縮破壊が生じて供試体全体が破壊することが分かった。全解析結果から、骨材粒径、骨材率ならびに骨材配置に関係なく同様の挙動を呈することが分かった。

### (2) 骨材率と圧縮強度比

一例として、骨材粒径20 mmを有するコンクリート供試体の解析から得られた、骨材率と圧縮強度比との関係を図-5に示す。ここで定義する圧縮強度比とは、コンクリート強度のモルタル強度に対する比である。ここでは、骨材粒径17.5 mmおよび22.5 mmを有する供試体の実験結果<sup>2)</sup>の中間値を骨材粒径20 mmの場合に対する準実験結果として、解析結果と比較した。図から分かるように、骨材率が10 %～30 %の範囲内では、最大界面強度を用いた解析結果（○印）の方が実験結果（●印）と良い一致を示すが、骨材率が50 %～60 %の範囲になると最小界面強度を用いた解析結果（□印）の方が実験結果と良い一致を示す。このことより、骨材率の増加に伴いコンクリート強度が低下する一因としては、骨材率の増加に伴う界面部材の強度の低下が考えられる。

### (3) 骨材率と強度パラメータ

全解析結果を基に骨材粒径ごとに纏めた骨材率と強度パラメータとの関係を図-6に示す。ここで定義する強度パラメータとは、最小界面強度を用いた解析結果と最大界面強度を用いた解析結果との差「a」と（準）実験結果との差「b」との比である（図-5における骨材率30 %の場合を参照のこと）。図-6から分かるように、同一骨材率の場合、骨材粒径が大きくなるに従い強度パラメータは減少する傾向にある。また、同一骨材粒径の場合、骨材率が増加するに従い強度パラメータは減少する傾向にある。これらのことより、供試体に含まれる骨材率ならびに骨材粒径の変動により、界面部材の強度が変化することが推察される。

## 4. まとめ

本研究では、骨材粒径ならびに骨材率の変動がコンクリートの圧縮強度に与える影響に関する解析的研究を行った。解析結果より、骨材粒径ならびに骨材率の変動がコンクリートの圧縮強度および界面部材の強度に大きな影響を及ぼすことが分かった。

謝辞：本研究は、日本私立学校振興・共済事業団の学術研究振興資金ならびに平成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) 水野英二, 伊藤睦, 久保田浩, 青木健: コンクリート材料に対する粒子モデルの開発ならびにその圧縮破壊解析への応用, コンクリート工学年次論文集, 2005
- 2) 川上英男: コンクリートの弾性係数に及ぼす粗骨材粒径の影響, コンクリート工学年次論文集 Vol. 23, No2, 2001

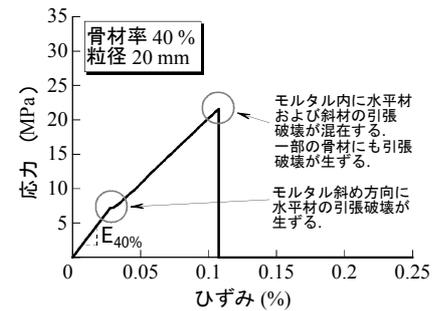


図-4 応力-ひずみ曲線（一例）

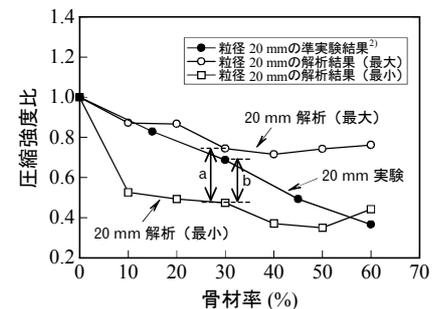


図-5 骨材率と圧縮強度比（一例）

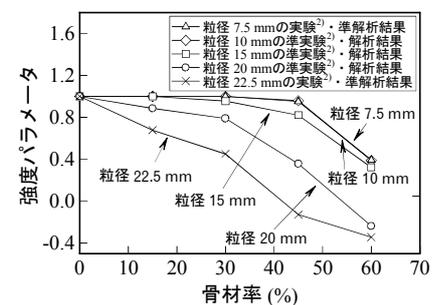


図-6 骨材率と強度パラメータ