

粒子モデルを適用した内部欠陥を有する角形コンクリートの一軸圧縮破壊解析

世紀東急工業株式会社 正会員 ○棚瀬友則 中部大学 非会員 韓 慧星
中部大学 正会員 伊藤 睦 中部大学 正会員 水野英二

1. はじめに

本研究では、コンクリートの応力-ひずみ関係を表現するモデルとして二次元粒子モデル¹⁾を適用し、内部欠陥を有する角形コンクリートの一軸圧縮破壊解析を試みた。ここでは、コンクリート材料を6本のトラス部材から構成される正方構造体（縦、横および奥行きの大きさ：単位長さ1）としてモデル化することにより、供試体中心部分に寸法の異なるジャンカを有する角形コンクリートの有限要素変形挙動解析を実施した。小池らの実験結果²⁾と本解析結果とを比較することにより、ジャンカの寸法が圧縮強度ならびにポストピーク挙動に及ぼす影響について考察するとともに解析に適用する粒子モデルについても言及した。

2. 圧縮実験

2.1 実験供試体

図-1に実験供試体の概要を示す。供試体は、形状比（高さ-幅比 H/D ） $= 2$ の角形コンクリート柱（ $10 \times 10 \times 20$ cm）で、サイズの異なる内部欠陥（ジャンカ寸法：1 cm, 2 cm および 3 cm）を供試体中心部分に配置した。

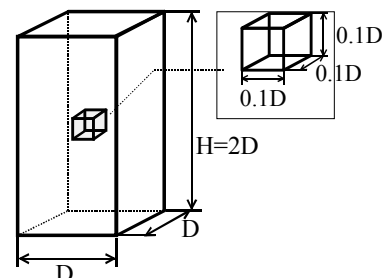


図-1 供試体の概要

2.2 実験結果

図-2に、供試体の平均軸応力-ひずみ関係を示す。両結果を比較すると、端面摩擦がある場合の方が欠陥寸法の増大による最大圧縮応力の低下が顕著に認められる。応力下降域はほぼ平行しており、欠陥寸法および端面摩擦の有無による顕著な違いは認められない。

図-3(a)は、図-2の実験結果を基に、供試体強度比-投影欠陥断面積比の関係を示したものである。ここで、供試体強度比とは、（各欠陥供試体の最大圧縮応力）/（無欠陥供試体の最大圧縮応力）をいい、投影欠陥断面積比とは、供試体の水平断面への（内部欠陥の投影面積）/（供試体水平断面積）のことをいう。図-3(b)は三上ら³⁾が実験で得た供試体強度比-投影欠陥断面積比の関係である。三上らは、端面摩擦のある $H/D = 2$ の円柱コンクリート

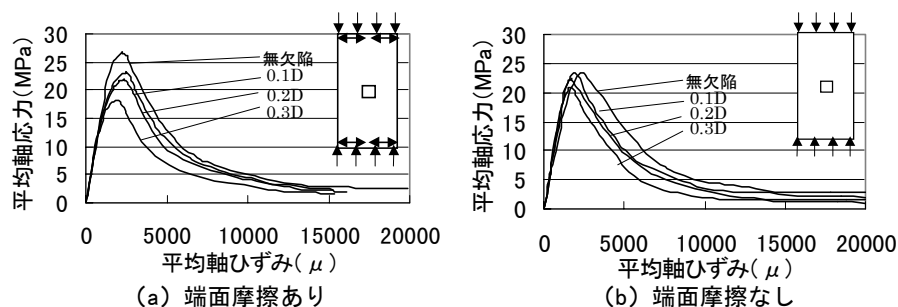


図-2 平均軸応力-ひずみ関係

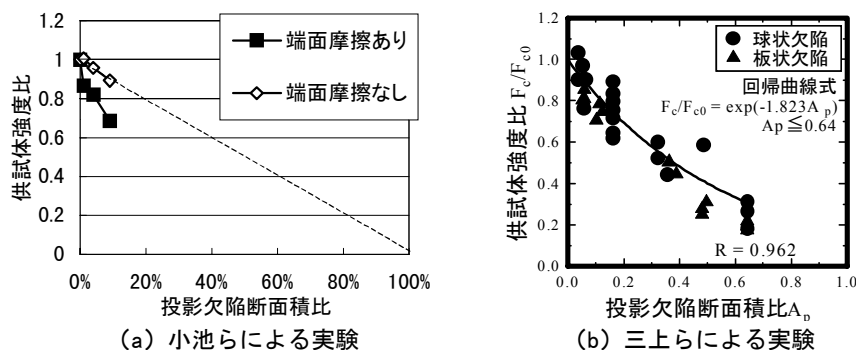


図-3 供試体強度比-投影欠陥断面積比

を供試体とし、形状および寸法を変化させた発泡スチロールを内部欠陥として配置して圧縮試験を行い、図-3(b)に示すような回帰曲線（ここでは、球状欠陥に対する回帰曲線）を得ている。小池ら²⁾および三上ら³⁾の実験結果より、「端面摩擦あり」の供試体強度比は、投影欠陥断面積比の増大とともに下側に凸な曲線を描いて低下し、一方、「端面摩擦なし」の供試体強度比は、直線的に低下することが分かる。

キーワード コンクリート 内部欠陥 FEM 解析 粒子モデル 一軸圧縮強度

連絡先 〒487-8501 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

3. 圧縮破壊解析

3.1 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¹⁾である。本モデルは図-4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。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（同定方法は文献¹⁾を参照されたい）。

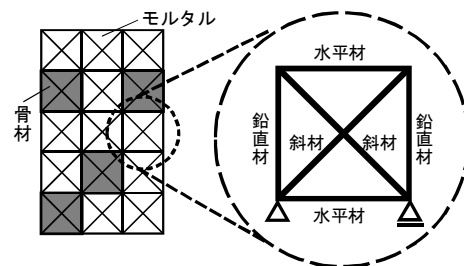


図-4 粒子モデルの概要

3.2 コンクリート供試体の概要ならびに材料定数

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、コンクリートの弾性定数および圧縮強度は小池らの実験結果²⁾を用いた。なお、コンクリートの引張強度は圧縮強度の 1/10 とした。

3.3 解析モデル

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、軸圧縮力を用させた際、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（図-5 参照）。また、図は「端面摩擦なし」の境界条件を表す。なお、コンクリートおよび欠陥といった異材料のユニットモデルが重なる場合、水平材および鉛直材を界面部材と定義し、コンクリート部分の強度を基準にしたものを最大界面強度、欠陥部分の強度を基準としたものを最小界面強度とした。

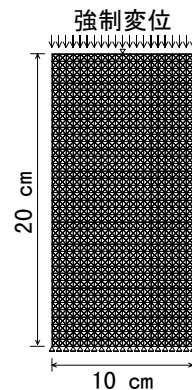


図-5 解析モデル

3.4 結果および考察

本解析における二次元粒子モデルでは、欠陥部分を含む奥行き 10 cm 部分の解析的な取り扱い方として以下の解析条件を考慮した。すなわち、解析条件 1：粒子モデルを構成するトラス部材の材料強度を（欠陥寸法／供試体幅）比により低減させる方法、

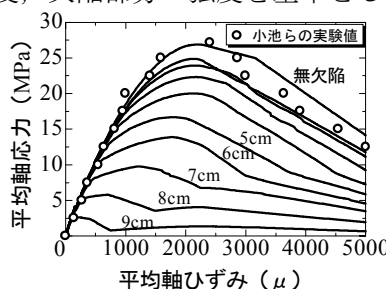


図-6 応力-ひずみ関係

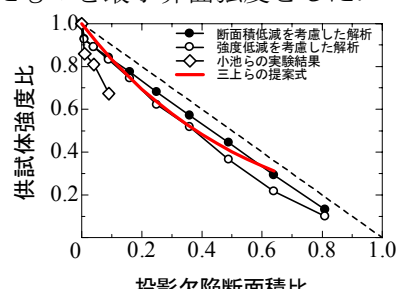


図-7 強度比-断面積比

解析条件 2：トラス材の断面積をその比により低減させる方法、である。一例として、供試体端部を「端面摩擦あり」として解析条件 1：（強度低減を考慮）ならびに最小界面強度により解析した応力-ひずみ関係を図-6に示す。また、強度比-断面積比関係を図-7に示す。本解析結果では、強度低減ならびに断面積低減を考慮した場合とも、小池らによる「端面摩擦あり」の実験結果ほどではないが、下側に凸な低減を呈しており、各欠陥寸法に対する最大圧縮強度比は三上らの提案した低減曲線の近傍に概ね位置して低減している。なお、本論文では割愛したが、解析条件 2 ならびに（最大+最小）界面強度を用いた「端面摩擦なし」の解析からは、実験結果（図-3 (a)）に見られるような圧縮強度の直線的な低減を再現することができた。

5. まとめ

本研究では、内部欠陥（1 cm～9 cm）を有する角形コンクリート供試体の一軸圧縮破壊解析を試みた。ここでは、欠陥寸法による強度低減を実験結果と比較するとともに粒子モデルの取り扱い方について検討した。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、平成 17-18 年度文部科学省研究費補助金（基盤研究 B，研究代表者：水野英二）および日本私立学校振興・共済事業団学術研究振興資金からの援助を受けた。よって、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報告集，Vol. 27，No. 2，pp. 151-156，2005 年 6 月。
- 2) 小池狭千朗，畑中重光，吉田幸夫，水野英二：内部に欠陥を有するプレーンコンクリートの圧縮特性における寸法効果，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 17-18，2002.8
- 3) 三上貴正，上沢聡史，坂井映二：コンクリートの強度に及ぼす空隙欠陥の影響に関する考察，日本建築学会構造系論文集，第 504 号，pp. 1-6，1998.2