

粒子モデルによる内部欠陥を有する角形コンクリート供試体の一軸圧縮破壊解析

中部大学 ○ 棚瀬友則 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、コンクリートの応力-ひずみを表現するモデルとして粒子モデル¹⁾を採用し、内部欠陥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、6本のトラス部材から構成されるコンクリート材料に対する粒子モデル(1ユニット)を設定し、供試体中心部分にサイズの異なるジャンカ(1 cm, 2 cm および 3 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ならびにポストピーク挙動解析に応用した。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検証するとともに解析に用いるコンクリートの構成モデルについても言及した。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

図-1に実験供試体²⁾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(10×10×20 cm)で、内部欠陥(ジャンカ寸法: 1, 2 および 3 cm)を供試体中央にそれぞれ配置した。

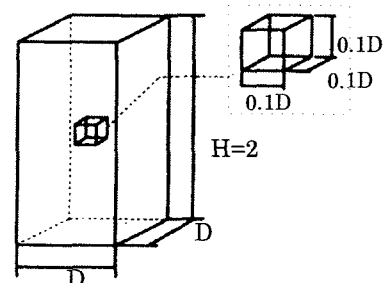


図-1 供試体の概要

2.2 実験結果

図-2に、それぞれ端面摩擦「あり」および「なし」とした場合の供試体の平均軸応力-軸ひずみ関係を示す。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。

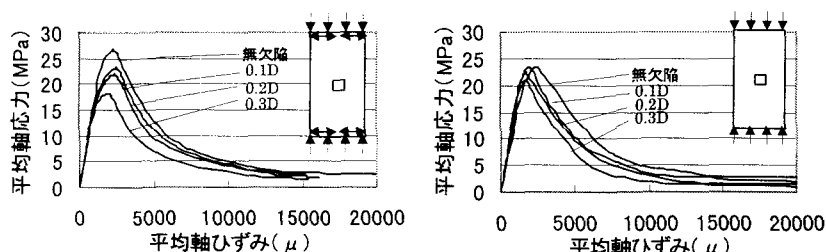


図-2 平均応力-軸ひずみ関係(端面摩擦あり, なし)

3. 解析概要

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。二次元粒子モデルは図-3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。

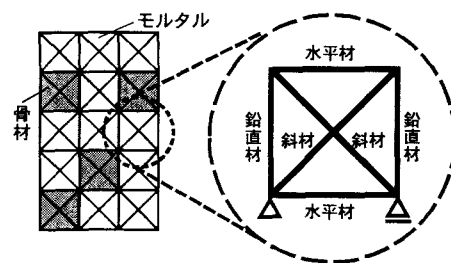


図-3 粒子モデルの概要

3.2 コンクリート供試体の概要ならびに材料定数

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、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。コンクリートの引張強度は圧縮強度の 1/10 と設定した。コンクリート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(同定方法については文献¹⁾を参照されたい)。

3.3 解析モデル

図-4 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。なお、図は「端面摩擦なし」のローラー支持の境界条件を表す。

4. 実験結果および解析結果の考察

実験結果：図-5(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-5(a)

中の破線は、(供試体強度比 1.0, 投影欠陥断面積比 0%) の点、および(供試体強度比 0.0, 投影欠陥断面積比 100%) の点を結ぶ直線である。図-5(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、供試体強度比-投影欠陥断面積比の関係について図-5(b)のような帰帰曲線を得ている。図-5(a)および(b)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、投影欠陥断面積比の増大とともに直線的に低下することが分かる。

解析結果：一例として、図-6 に粒子モデルに軟化型の応力-ひずみ関係を用いて供試体端部を「端面摩擦あり(ヒンジ支持)」として圧縮解析した結果を示す。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 部分の取り扱い方として以下の2種類の解析ケースが考えられる：すなわち、解析ケース 1：粒子モデルを構成する 6 本のトラス部材の断面積を低減させる(例えば、1 cm の欠陥の場合には、0.9 倍に低減させる)方法、解析ケース 2：それら 6 部材の材料強度(圧縮ならびに引張強度)を、例えば、2 cm の欠陥の場合には 0.8 倍に低減させる方法、である。解析ケース 1 とケース 2 の場合とも、「端面摩擦あり」の実験結果²⁾ と類似した下側に凸な低減を呈した。実際の低減状態は、ケース 1 とケース 2 の解析結果の間にあると思われる。図-7 には、解析ケース 2 に対する応力-ひずみ関係を例示する。

5. まとめ

二次元粒子モデルを用いて、異なる寸法のジャンカを有する角形コンクリートの圧縮破壊解析を実施し、実験結果と比較し、欠陥寸法による強度低減を考察するとともに粒子モデルの取り扱いについて検討した。

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により行ったことを記し、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

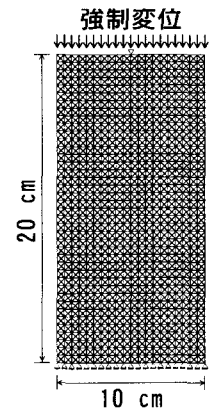


図-4 解析モデル

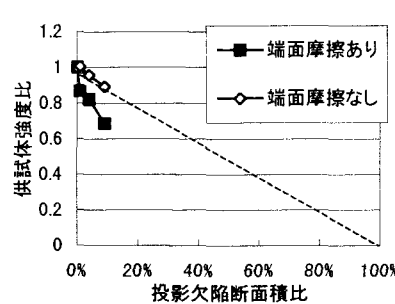


図-5 (a) 小池ら²⁾の実験

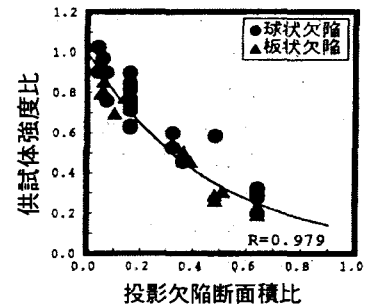


図-5 (b) 三上ら³⁾の実験

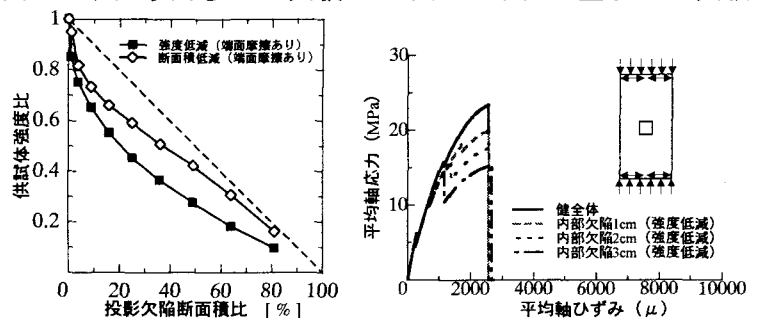


図-6 FEM 解析結果(ひずみ軟化型) 図-7 応力-ひずみ関係