

III-222 改良個別要素法による平面ひずみ圧縮試験のシミュレーション

東電設計株式会社 正会員 ○中瀬 仁 正会員 栗田 哲史 正会員 安中 正
東京電力株式会社 正会員 片平 冬樹 正会員 興野 俊也

1. まえがき 断面形状が円である丸いアクリル棒を材料とした供試体は、これに対する平面ひずみ圧縮試験によればその強度は砂に比べてかなり小さい。これを通常の個別要素法でシミュレーションした結果も同様である¹⁾。そこで目黒らによる改良個別要素法²⁾を用いて円要素を連結し、要素の形状が強度に与える影響を調べた。

2. アクリル棒を用いた平面ひずみ圧縮試験 直径2mm、3mmおよび4mm、長さ160mmのアクリル丸棒1784本をメンブレンに包み込み、幅7.5cm、高さ20cmの上下面の摩擦は除去していない供試体を作成した。この供試体に対する平面ひずみ圧縮試験を行った結果、写真-1に示すような左端中央部から右端下部へ斜めに抜けるせん断帯が発生している様子が観察された。また右端中上部から左下方にもせん断帯が観察される。このときの供試体の軸ひずみは約7.5%である。

3. 解析のための諸条件 シミュレーションに用いる要素の初期状態は、実験に用いた供試体の要素の初期状態を数値化し、誤差の大きい要素位置を適当になじませるため個別要素法によるパッキングを行って得た(初期状態1)。これに円要素3つを間隙パネで結んだ連結要素を適当に分布させて、図-1に示す初期状態2を得た。ただし、連結要素の要素間には間隙パネだけが存在しこの間隙パネはどんな応力が働いても切断されないとした。なお、初期状態1は図-1の連結要素をばらばらに切り離した状態(要素パネと置き換えた状態)と等しい。要素の接触力を伝達するためのパネ(要素パネ)、ダッシュポット(要素ダッシュポット)およびスライダの強度を表わす定数は、実験に用いたアクリル丸棒の物理的性質から定めた。表-1に示す。間隙パネおよび間隙ダッシュポットの定数は表-1の要素パネおよび要素ダッシュポットと同値とした。

キャップとベDESTALは剛で粗な変位境界で表わした。キャップは下方向に可動である。メンブレンは拘束圧に等価な集中荷重を要素の中心に加えることで表現した。拘束圧は実験で用いたものである。時間間隔は要素の回転量に大きな誤差が生じない十分小さい値を用いた。圧縮速度は解析時間を短

表-1 材料定数および解析条件 縮するため実験時の2400倍の20%/secとした。

| | |
|----------|--|
| 最小要素直径 | $2.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ |
| 最小要素質量 | $3.77 \times 10^{-9} \text{ kg}$ |
| 法線方向パネ係数 | $6.6 \times 10^7 \text{ N/m}$ |
| 法線方向減衰係数 | $2.0 \times 10^8 \text{ N} \cdot \text{sec/m}$ |
| 接線方向パネ係数 | $6.6 \times 10^7 \text{ N/m}$ |
| 接線方向減衰係数 | $0.8 \text{ N} \cdot \text{sec/m}$ |
| 摩擦係数 | $0.51 (\tan(27^\circ))$ |
| 拘束圧 | 6174 Pa |
| 時間間隔 | $2.0 \times 10^{-6} \text{ sec}$ |
| 圧縮速度 | 20%/sec |

この圧縮速度が解析結果に大きな影響を与えない程度に十分小さいことは確認した。

4. シミュレーション結果 応力比-ひずみ曲線について、実験結果とシミュレーション結果の比較を図-2に示す。通常要素によるシミュレーション(初期状態1)と実験はほぼ一致しており主応力比は2.0から2.5の間を推移している。内部摩擦角 ϕ は約25°である。一方、連結要素を用いた解析は主応力比が5.0から

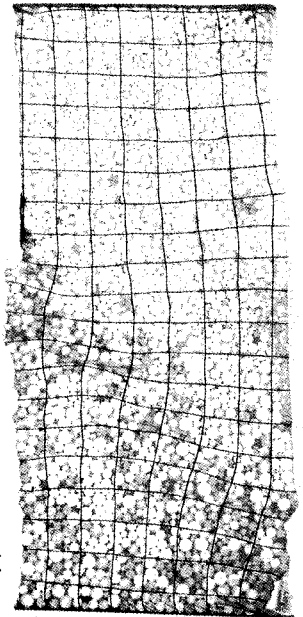


写真-1アクリル棒の平面ひずみ圧縮試験

6.0で砂に匹敵する強度を発揮した。軸ひずみが0.75%に達したときの実験、通常要素を用いたシミュレーション結果および連結要素を用いたシミュレーション結果を水平直ひずみの分布について図-3に比較する。色の濃淡はあるしきい値までの大きさを段階的に示したものである。実験結果は写真-1に示したせん断帯に対応する部分に、圧縮量が小さいにもかかわらず、すでにひずみの大きい部分が集中している。通常要素ではく型、連結要素では供試体中央部右寄りに中心のあるX型のせん断帯が実験よりも顕著に観察される。連結要素のせん断帯は幅が広くひずみの集中の度合いも大きい。

④ 連結要素

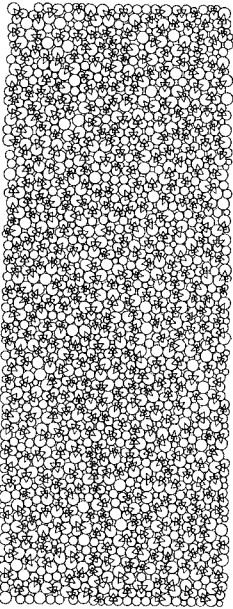


図-1シミュレーションのための初期状態

5. まとめ 凹凸のある要素を含む供試体は、これに含まないものに比べてはるかに大きな強度を発揮することから、要素の形状が強度に与える影響は非常に大きいことが解った。また、せん断帯の幅は要素がかみ合っていて動きにくいほど広く、ひずみの集中の度合いが大きいことが解った。本研究で用いた平面ひずみ圧縮試験の装置は東京大学生産研究所の龍岡研究室で製作されたものを使用した。改良個別要素法のプログラムは、大阪土質試験所の澤田純夫氏の開発した「DEMS」を改良したものである。

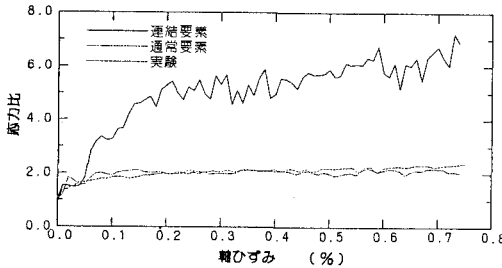


図-2 応力比-ひずみ曲線の比較

参考文献 1)平面ひずみ圧縮試験に対する個別要素法の適用;中瀬仁,第26回土質工学研究発表会(投稿中)

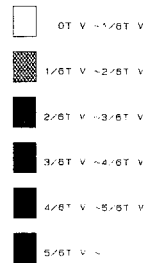
2)粒状体シミュレーションによるコンクリート構造の破壊解析;目黒公郎,地震研究所彙報 Vol. 63(1988)

2)粒状体シミュレーションによるコンクリート構造の

破壊解析;目黒公郎,地震研究所彙報 Vol. 63(1988)

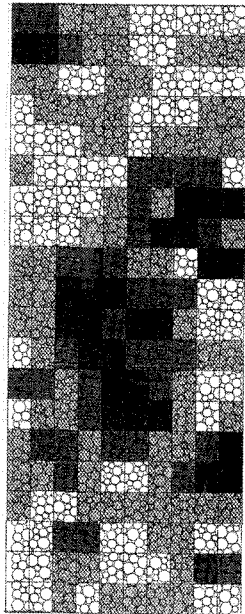
凡例

しきい値(T.V.) 3.4%

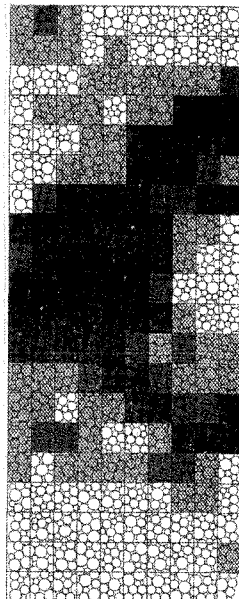


最大値

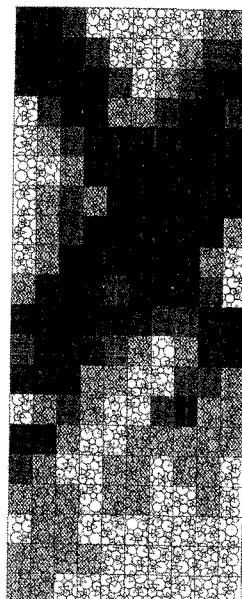
| | |
|------|------|
| 実験結果 | 3.4% |
| 通常要素 | 5.3% |
| 連結要素 | 6.8% |



(a)実験結果



(b)通常要素



(c)連結要素

図-3 要素の水平直ひずみの比較