

I-10 平面ひずみ圧縮試験における砂のせん断挙動の 発現形態に関する研究

東北大学 学生員 ○櫻庭 嗣大
正会員 須藤 良清
正会員 池田 清宏
長岡技術科学大学 正会員 山川 優樹

1. はじめに

要素試験では、代表的な材料物性が得られるべきである。そのためには、供試体寸法・形状や境界条件などの影響はできるだけ排除し、材料の変形挙動が素直に現れた実験が望ましい。本研究では、幾何学的な影響（分岐）をきっかけとして発生するある種のパターンを有する不均一モード、さらには材料の塑性化や弾性除荷による Band 状のひずみ集中域と、材料の破壊によるせん断帯を区別することとする。本研究では、砂の平面ひずみ圧縮せん断試験を行い、供試体寸法・端面の摩擦有無・速度を変化させることによって、砂のせん断挙動の発現形態に関して考察する。特に、各種変形モード、供試体寸法・端面摩擦有無による変形モードの違い、軸差応力-軸ひずみ曲線と供試体寸法との関連等の相互の関係から考察することによって、典型的な分岐現象¹⁾を示し、分岐現象が関与していることを検証する。

2. 実験条件

本研究では、豊浦砂の平面ひずみ圧縮せん断試験を行った。実験装置の概略を図-1に示す。透明なアクリル板2枚を水平に設置し、これらの間に20mmの空間を常時保って、アクリル板の両側に金属棒を挟んで固定した。水圧を用いて側圧を73.5kPaで一定とし、モーターをせん断速度 $\dot{\epsilon}_a = 0.5\%/min$ 、 $\dot{\epsilon}_a = 0.25\%/min$ の一定速度で稼働させてロードセルと加圧板を押すことにより供試体にせん断力を与えた。

供試体は図-2、3に示すような長方形供試体と非長方形供試体の2種類とし、気中落下法により作成した。相対密度は $85 \pm 2\%$ の比較的密な供試体である。 $H=72.5 \sim 152.5mm$ と変化させ、 $D=50mm$ 、 $T=20mm$ で一定とした。端面摩擦なしの条件は、シリコングリースとラテックスラバーシートを用いた lubrication layer を設置することで、供試体上下の端面摩擦の影響の低減を図った。端面摩擦ありの条件は、サンドペーパーを敷き摩擦を加えた。図-3の供試体においては、端面を上記の方法で摩擦ありにし、長方形供試体部分は境界の影響がない摩擦なしの挙動となることを目指した。供試体のひずみ集中域の挙動を明確に把握するため、長方形供試体に図-4のような2.5mm×2.5mmの基盤の目を書いたシートをかぶせた。供試体とアクリル板との表面摩擦も低減するために、アクリル板との間にOHP用紙を挟み、シリコングリースをその表面に塗った。

まず、冷凍した供試体をセットし、加圧板が適度に可動する範囲でボルトを締めアクリル板を固定する。側圧が供試体に等方に行き渡るように氷のう袋の水圧を29.4～49kPaに上げ、供試体が溶けるのを待つ。さらに側圧を73.5kPaに上げ、平面せん断を保つためにアクリル板をアングルでしっかり固定する。軸圧縮（せん断）を開始し、20%までは1%間隔で、それ以降30%までは2%間隔で写真撮影をする。

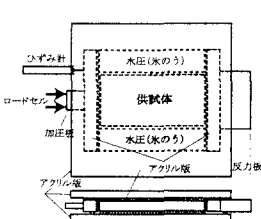


図-1 実験装置

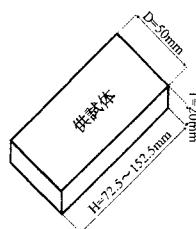


図-2 長方形供試体

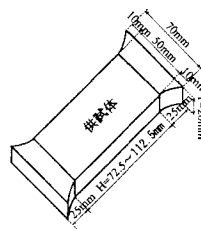


図-3 非長方形断面供試体

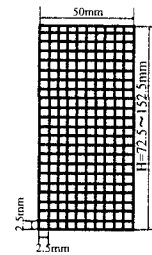


図-4 供試体基盤法

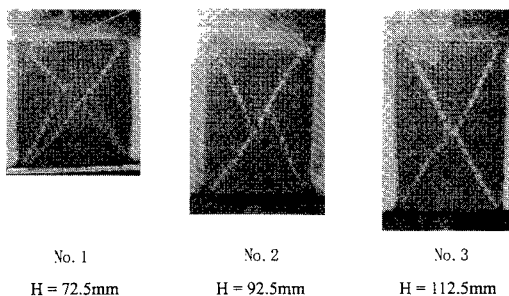


図-5 軸ひずみ $\epsilon = 11\%$

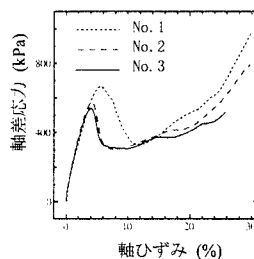


図-6 軸差応力-ひずみ曲線

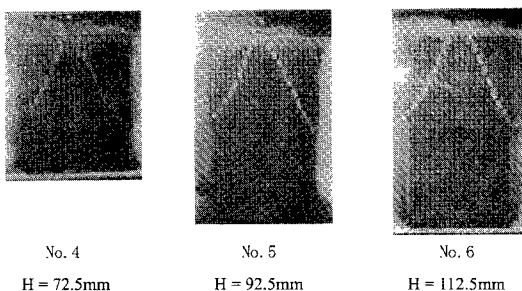


図-7 軸ひずみ $\epsilon = 8\%$

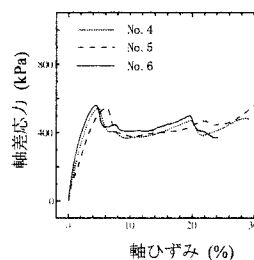


図-8 軸差応力-ひずみ曲線

3. 実験結果の分析及び考察

本実験で得られた特徴的な2種類の結果について示す。図-5、図-6にせん断ひずみ速度が0.25%/min、端面摩擦ありの場合の長方形供試体の軸差応力-軸ひずみ曲線と、軸ひずみ $\epsilon=11\%$ の実験結果の写真を示す。図-5より×状の対称なひずみ集中域が観測される。これは文献²⁾の分岐モードのうち、対称2次モードに相当する。図-6より、供試体の高さが大きいほどピーク応力が小さく、高さが小さいほどピーク応力は大い。これは供試体寸法が大きいほど強度が小さいことを示しており、負の寸法効果を確認できる。また、3つの供試体ともピーク応力後、極小応力まで下がり、そこから単調増加の挙動を示している。この応力変動は端面摩擦ありの場合、他の供試体でも見られた。つまり、応力が単調増加し続けていることから、対称2次の分岐モードで安定したまま破壊に至ることが言える。

図-7、図-8にせん断ひずみ速度が0.25%/min、端面摩擦なしの場合の長方形供試体の軸差応力-軸ひずみ曲線と軸ひずみ $\epsilon=8\%$ の実験結果の写真を示す。図-7より、くさび型状の対称なひずみ集中域が観察され、これは文献²⁾の対称1次モードに相当する。図-8より、ピーク応力はほとんど等しく、寸法効果は確認できない。極小応力からあまり単調増加せず、極端に応力が下がる場所がある。特にNo.6は非常に不安定となっている。

4. おわりに

よく似た変形形状を示す長方形供試体で、供試体寸法をパラメーターとして軸差応力-軸ひずみ曲線によりを考察した。端面摩擦ありの条件では、負の寸法効果が確認でき、ピーク後には応力が単調増加し、分岐モードは変わらないで、安定している。しかし、端面摩擦なしの条件では、寸法効果が確認できず、ピーク後の挙動が非常に不安定である。摩擦がないことで、確かな挙動を示さないのかもしれないが、いずれにしても各種変形モード、供試体寸法・端面摩擦有無による変形モードの違い、軸差応力-軸ひずみ曲線と供試体寸法との関連から、分岐現象が関与していることが確認できた。

参考文献

- 1) Ikeda, K., Murota, K., Yamakawa, Y. and Yanagisawa, E.: Mode switching and recursive bifurcation in granular materials, *J. Mech. Phys. Solids*, Vol. 45, No. 11/12, pp. 1929-1953, 1997.
- 2) 山川優樹, 寺田賢二郎, 池田清宏, 鳥居邦彦: 圧縮場における弾塑性体の分岐解析とパスジャンプ挙動, 土木学会論文集Ⅲ, in press.