## 高拘束圧下における 密な砂の平面ひずみ圧縮挙動に与える拘束圧の影響

山口大学大学院 学生会員 〇加藤晃 山口大学大学院 正会員 中田幸男 兵動正幸 吉本憲正

**1. はじめに** フィルダムなど大型土構造物に使用される材料は、 ロック材、礫、砂など比較的堅固な材料であっても、載荷圧力が 高いため粒子破砕を生じることが指摘されている<sup>1)</sup>。また、三軸試 験において粒子破砕の研究は進められているが、実地盤の応力状 態に近い平面ひずみ条件での試験は広く行われていない。本研究 では、供試体の観察が可能な高圧平面ひずみ試験機を用いて、平 面ひずみ圧縮せん断試験を行い、高圧域における圧縮特性と供試 体の局所変形の評価を行うことを目的とした。

2. 高圧平面ひずみ試験機の概要 供試体は幅 60mm×奥行き 80mm× 高さ 160mm の直方体であり、アクリル製の拘束板よって中間主応 力方向を拘束されている。試料には比較的破砕性が低い豊浦砂を 用いた。供試体は, *Dr*=90%を目標とし、湿潤突き固め法により作 成した。このとき、不連続面を無くすために、12 層に分けて突き 固めている。供試体の撮影は、観察窓を通してデジタル一眼レフ カメラでタイマー撮影を行った。また撮影した画像から PIV 解析 を行い、供試体の局所変形の評価を行った。

3.豊浦砂の平面ひずみ圧縮挙動 図-1 は軸ひずみと応力比及び体 積ひずみの関係を示した図である。拘束圧が低圧<sup>20</sup>から高圧になる につれて、ピーク強度を発揮する応力比は減少し,ピーク強度を 発揮する軸ひずみは大きくなることがわかる。また体積ひずみに ついて、収縮傾向を示した後に膨張傾向を示すが、拘束圧が低圧 から高圧になるにつれて、膨張傾向が小さくなる。図-2 に有効拘 束圧とピーク主応力比およびダイレイタンシー比関係を示す。有 効拘束圧が増加するに従って、ピーク主応力比の低下およびピー ク主応力時のダイレイタンシー比は増加傾向にある。既往の三軸 試験の結果<sup>30</sup>でも同様な傾向を示している。せん断後に供試体をせ



ん断帯付近とせん断帯とは認められない箇所を分けて取り出し、粒度試験を行った。その結果、有効拘束圧が増加するに従ってせん断帯付近およびそれ以外の粒子破砕量は増加することが明らかとなった。さらに、それら粒度試験の結果から均等係数を算出し、図-3に示す。図から、有効拘束圧σ。'=1MPaのときでは、粒子破砕を起こしているが、せん断帯付近とそれ以外では均等係数 U<sub>c</sub>に差はみられない。しかし、有効拘束圧が増加するに従って、せん断帯付近での U<sub>c</sub>が急激に増加することがわかる。

**4. PIV 画像解析** 供試体前面にはメッシュを描いており、せん断変形を視覚的に捉えることができる。図-5 に有 効拘束圧 σ<sup>2</sup>, =3MPa における最大せん断ひずみコンター結果を示す。ピーク主応力比に達した時点では局所化は起 きていないが、軸ひずみが進行するに従ってせん断帯が形成され、局所的に変形することがわかる。次にせん断 中に取得した画像からせん断帯の幅を求めた.このとき、メッシュの曲率点を結んだ線をせん断帯幅として算出

した。図-5 にピーク主応力比発現時から経過した各軸ひずみレベルにおけるせん断帯の幅の関係を示す。せん断帯は、図-6 のように各標点の移動を矢印で表し、方向が違う箇所を線で結び、線が通る箇所をせん断帯の要素として抽出した。図より、軸ひずみが進行してもせん断帯幅は有効拘束圧と一義的な関係にはない。せん断帯幅は、 平均粒径の 10~20 倍程度と言われている<sup>4</sup>が今回の試験では、せん断帯幅は豊浦砂の D<sub>50</sub> の 7~10 倍の範囲にある結果が得られた。図-7 にピーク主応力比発現時から経過した軸ひずみレベルにおける体積ひずみの関係を示す。 図より、軸ひずみの進行とともに、せん断帯内における体積ひずみは減少する。また、有効拘束圧が増加するに従って、せん断帯内における体積ひずみの量は小さくなることがわかる。

4. まとめ 高拘束圧下において有効拘束圧を変化させた平面ひずみ圧縮試験を行った。その結果、有効拘束圧の 増加に伴い、主応力比の減少、ダイレイタンシー比の増加を示すことが確認された。また有効拘束圧が高いほど、 粒子破砕は増加し、せん断帯付近では顕著に粒子破砕を起こすことが確認された。さらに、せん断が進行すると せん断帯内では体積膨張が起こるが、有効拘束圧が増加すると体積膨張が減少する傾向にあることが確認された。 【謝辞】本研究は、科研費A (20246080)の助成を受けて実施されたものである.記して謝意を表する次第である. 【参考文献】1. 地盤工学会編:破砕性地盤の工学的諸問題に関する研究委員会, 1999.

2. 中田幸男, 兵動正幸, 吉本憲正, 喬卉, 梶原拓也: PIV 解析を適用した平面ひずみ圧縮試験における砂のせん断挙動, 第65回土木学会年次学術講演会講演概要集, Ⅲ-254、pp. 507-508.

3. 三浦哲彦,山内豊聡:砂のせん断特性におよぼす粒子破砕の影響,土木学会論文報告集, No.260, p.109-118, 1977. 4. Yoshida, T. and Tatsuoka, F.: Deformation property of shear band in sand subjected to plane strain compression and its relation to particle characteristics, Proc. 14th Int. conf. on SMFE, Hamburg, Vol. 1, pp.237-240, 1997.

