



## 平面観察窓付き中圧平面ひずみ圧縮試験装置

Medium-pressure plane strain-compression test apparatus  
with plane windows for observation

東京大学生産技術研究所

古関研究室

軟岩やセメント改良土などの硬質地盤に重要構造物を建設する場合、これらの硬質地盤材料の強度変形特性を正確に評価する必要がある。また、このような硬質地盤は地中深くの比較的拘束圧の高い条件下にあることが多く、室内試験システムは高容量・高拘束圧が要求される。そこで、中圧（3MPa以下）下での硬質地盤材料を対象に、微小・小ひずみ領域から巨大地震時までを想定した強度変形特性を解明するため、平面観察窓付き中圧平面ひずみ圧縮試験装置を作製した。

**装置全体システムの概要：**全体システムは、高荷重微小変位制御載荷システム（生研リーフレット No.250）、中圧までの拘束圧制御システム（生研リーフレット No.277）、硬質地盤材料用平面ひずみ圧縮試験装置（生研リーフレット No.327）と平面観察窓付き圧力セルで構成されている。

**平面観察窓付き圧力セル：**新規作製した平面観察窓付き圧力セルを図1に示す。この圧力セルは内径が310mmのステンレス製耐圧円筒（厚さ15mm）の側面4箇所に、180mm×290mmの観察窓枠を溶接することにより作製されており、3MPaまでの任意の圧力を負荷することができる。観察窓枠を円筒の内側面まではめ込んで溶接することにより、窓枠が円筒側面を支持するリブの役割を果たすため、このように円周方向に不連続で局所的な歪み変形の生じやすい構造であっても、所定の圧力に耐えうる設計となっている。4つの観察窓は厚さ30mmの亚克力平板で、観察面の大きさは100mm×210mmである。

**平面観察窓付き中圧平面ひずみ圧縮試験装置：**供試体サイズは断面54mm×80mm、高さ160mmの矩形であり、試験中に変形状況の観察を行う中間主ひずみ方向の供試体

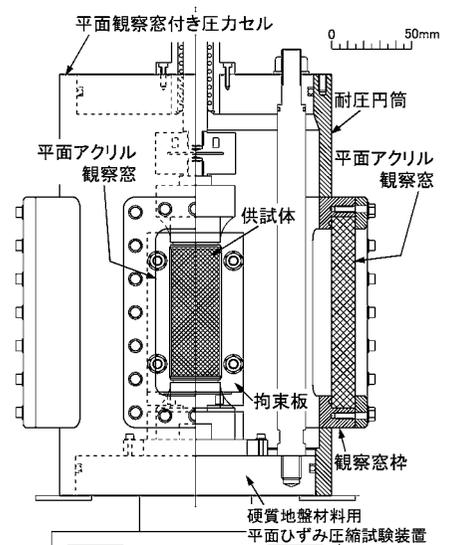


図1 平面観察窓付き中圧平面ひずみ圧縮試験装置

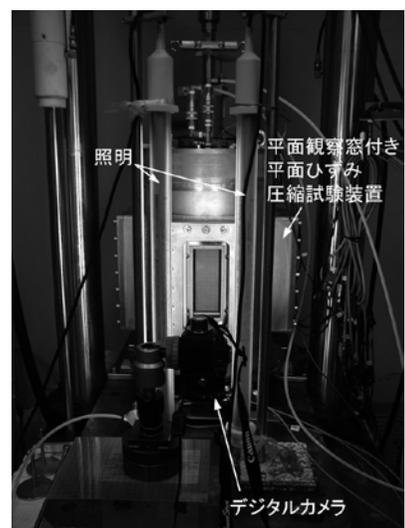


写真1 試験実施状況

側面 (54mm×160mm) 全体を圧力セルの外側から観察することができる。供試体側面の観察記録は、片側をアクリル製とした中間主ひずみ方向の水平変位を抑える拘束板の面と、圧力セルの平面観察窓を通してデジタルカメラにより行う (写真1)。得られる画像には観察面の歪みがないため、カメラのレンズ歪みの影響のみを考慮すればよい。また残り3つの観察窓が採光窓となってセル内部は比較的明るく、写真1のように外部からの照明のみで鮮明な画像を得ることができる (写真2)。

**試験結果例：**密な豊浦砂の供試体を背圧 200kPa 下で飽和させ、セル圧 600kPa (拘束圧 400kPa) で圧密後に単調荷荷して得られた偏差応力と軸ひずみの関係を図2に示す。写真2のような供試体側面のデジタル写真で画像解析を行い、メンブレン上に転写した5mm四方の4標点からなる各要素内での平均的な最大主ひずみ、最小主ひずみを計算して得られた、局所的な最大せん断ひずみ分布 (最大・最小主ひずみの差) を図3に示す。なお、本報告の画像解析ではレンズ歪みに対する解析結果の補正を行っていない。図2でピーク強度が発揮される前の段階では図3(a)のように供試体の上下数箇所でひずみが局所化し、ピーク強度発揮後には、前段階での複数の局所化領域のうち供試体右上から中央にかけての領域のみで局所化が進行して、その帯状の局所化領域が最終的なせん断層となっている (図3(b))。

図4には試験中の体積ひずみと軸ひずみの関係を示す。画像解析による各要素の最大・最小主ひずみの観察面全体での平均値と、最小主ひずみ面で計測した局所変位計測装置LDTによる中間主ひずみの和により求めた値 (Method C) は、低容量差圧計による供試体からの排水量の計測値 (Method A)、および外部変位計による最大主ひずみ、LDTによる中間主ひずみと非接触式変位計による最小主ひずみの和で求めた値 (Method B) と概ね一致している。

新たに開発した平面観察窓付き中圧平面ひずみ圧縮試験装置を用いることにより、硬質地盤材料の平面ひずみ条件下における強度変形特性を、3MPa までの任意の拘束圧で精度よく測定することが可能となった。

【執筆担当 堤 千花・佐藤剛司・古関潤一】



写真2 供試体側面の変形状況の例

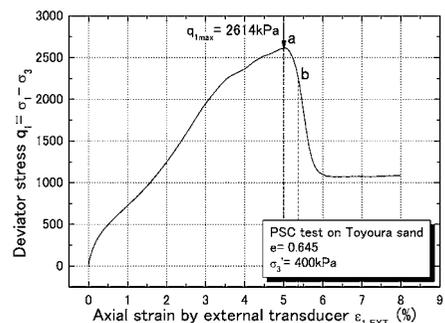


図2 軸差応力と軸ひずみの関係

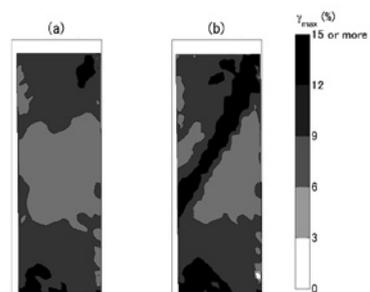


図3 最大せん断ひずみ分布

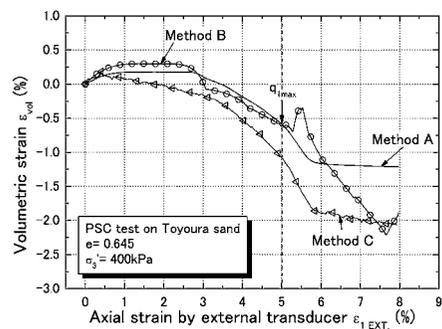


図4 体積ひずみと軸ひずみの関係