

# 非排水繰返し载荷リングせん断試験機による地すべり発生予測の研究

京都大学防災研究所 ○佐々 恭二・Shoaei Z.

1. 試験機の目的と構造: 地震時に発生する地すべりを予測するためには、地震前の斜面土層にかかる静的な応力と地震時にかかる動的な応力を再現することと、地すべりの特徴であるすべり面の形成とそれに続く大変形を再現する必要がある。この目的を達成するために佐々<sup>1)</sup>は、サーボモーターとサーボエレクトロニクスを用いてせん断応力と垂直応力の両方を制御する繰返し载荷リングせん断試験機を開発した。しかし、この段階ではせん断箱を完全に非排水にすることができず、また間隙水圧の測定も針を差し込む方式だったので、せん断が始まると同時に測定が不能になった。1992-1993年に試験機を改良した結果、非排水せん断とせん断開始後の間隙水圧の測定が可能となった<sup>2)</sup>。図1は試験機の構造の全体図とエッジ部分の拡大図である。非排水にするために、表面を70℃で被覆したやや軟質の材料（ゴム硬度：45度）が回転する下側のエッジに取り付けている。静止している上側のエッジには全周にわたって4x4mmの深さの溝を掘り、そこに2種類のメタルフィルターとその間にフェルトクロスをはめ込み、300μm（内径21cm、外径31cm）内の間隙水圧が、外周全体で平均化された形で測定できる構造になっている。非排水のチェックは、試料箱を水で満たし、その水に 3.0 kgf/cm<sup>2</sup> の垂直応力を载荷した後、30 cm/sec のせん断速度で 50 m 以上回転させて水漏れが生じないことを確認した。

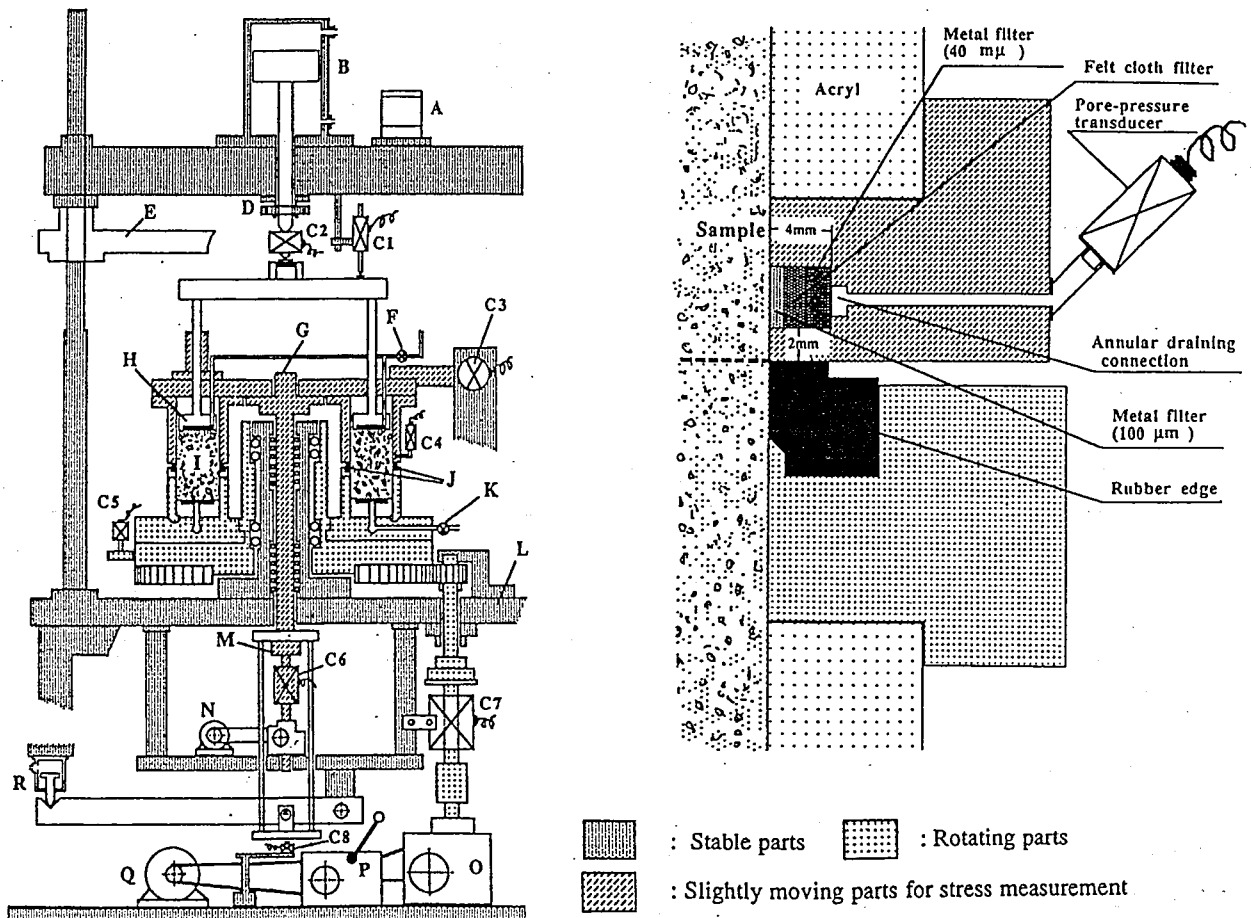


図1 非排水繰返し载荷リングせん断試験機構造図及び間隙水圧測定部拡大図

2. 試験結果:1984年の長野県西部地震で発生した御岳大崩壊のすべり面となった風化軽石層（パミス）からサンプルを採取し、いったんスリ-状にして試験機に入れ、 $2.0 \text{ kgf/cm}^2$ で圧密した（バックプレッシャー： $1.0 \text{ kgf/cm}^2$ ）。圧密後、 $B_v$ 値（載荷垂直応力と発生する間隙水圧の比）が  $0.96$  であることを確認した後、斜面土層の自重のせん断応力成分に相当するせん断応力を排水状態で載荷した。その点が（I）点である。せん断箱を非排水状態にした後、30度の斜面土層に水平方向に地震力が載荷されたと考えて、そのせん断応力、垂直応力成分を繰り返し載荷した。地震力の大きさは不明なので、振幅を次第に増加させつつ破壊するまで繰り返し載荷を与えた。図2は全応力で現した垂直応力とせん断応力（トルク計C7で測定）の関係（右）と有効垂直応力とせん断抵抗力（ロードセルC3で測定）の関係（左）である。載荷中の間隙水圧の変化のために全応力での応力経路と有効応力での応力経路はかなり異なる。（F）点で破壊に達した後はせん断面での粒子破碎のため大きな間隙水圧が発生し、応力経路はさらに大きく異なっている。破壊後、載荷されるはずのせん断応力も低下してしまっているのは、サーボモーターの速度に限界があるためである。この試験結果より、全応力表示での初期応力（I）と破壊時の応力（F）の差より、破壊に必要な地震力（せん断応力増分は $0.68 \text{ kgf/cm}^2$ 、垂直応力増分は $0.20 \text{ kgf/cm}^2$ 、地震加速度にして $284 \text{ gal}$ ）を知ることが出来る。また、破壊時の内部摩擦角（粘着力を0とすると）は $38.9$ 度、破壊後の運動時の見かけの摩擦角は $4.8$ 度になることがわかる。

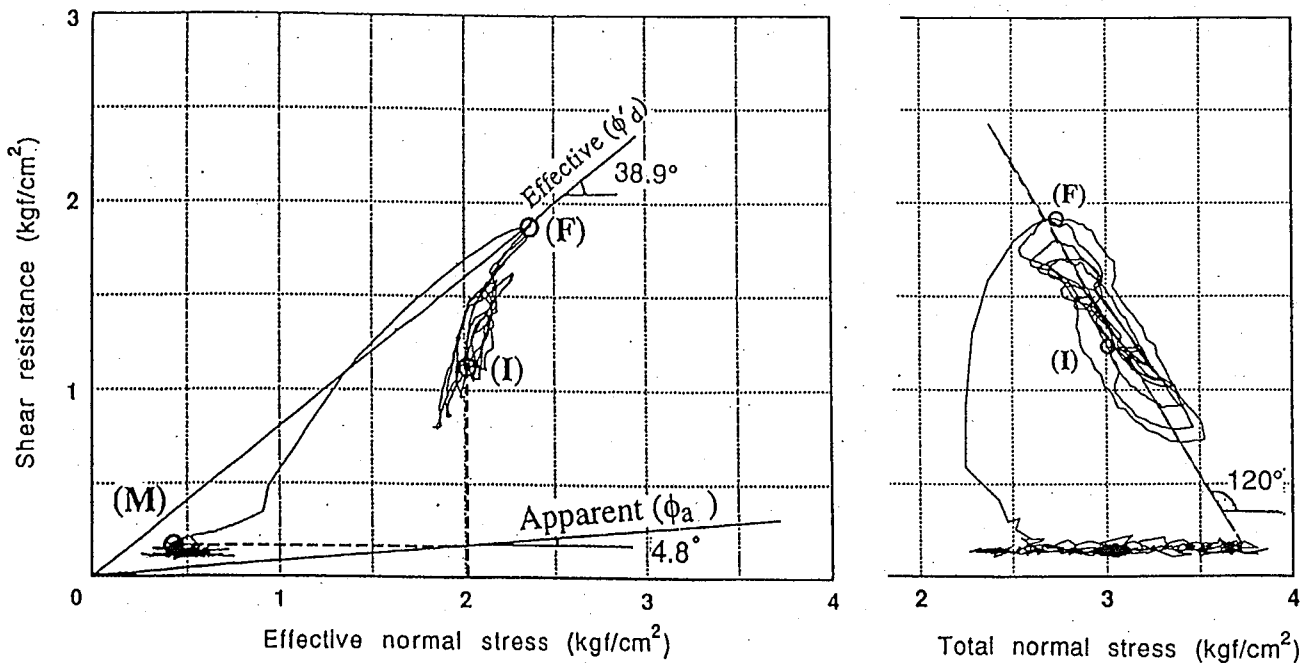


図2 御岳大崩壊から採取したパミスの非排水繰返し載荷試験結果（左：有効応力、右：全応力）

引用文献：1) Sassa, K.: Access to the dynamics of landslides during earthquakes by a new cyclic loading high-speed high-stress ring shear apparatus. Theme Address for Session No.1 "Seismicity and Landslides", 6th ISL, Landslides, Vol.3, Balkema in print (20 pages). 2) Shoaie Z.: Basic study on the shear behavior of landslides during earthquakes -Excess pore pressure generation in the undrained cyclic loading ring shear tests-（京都大学博士（理学）学位論文、1994.3）