

京都大学大学院 学生員 李 徳河
京都大学工学部 正員 大西 有三
電源開発(株) 正員 堀 正幸

1. はじめに

岩石試料などを低中拘束圧で三軸試験をすると、一般に、ある角度をもつ二つのせん断すべり面(あるいは、ある幅を持つすべり領域)が生じ、その面に沿って変形が集中する。このような破壊形態に対する断面補正問題やメンブレンの存在によって変形が拘束され、抵抗力が生じ、応力の測定値に誤差をまねく問題。あるいは非排水試験のとき、メンブレンの引張りによって局部的サクションが働き、同じき水圧の測定に影響をおよぼす問題。これらは充分知られていないのが現状である。本報告は通常の土質三軸試験に用いる薄いメンブレンと岩石の試験に使用する厚いメンブレンの2種類を使い、それが三軸試験の応力、同じき水圧測定値にどれくらいの影響を及ぼすが、さらにどのような特性があるかを実験によって調べたものである。

2. メンブレンによる応力補正

図1-(a)に示されるように、試料の変形とともにメンブレンが引張り、張られ、その反力が試料の変形を拘束するため、結局、軸方向の応力(荷重)の測定に影響が現われる。この影響を補正するため、Chandler, LaRochelle, Pachakisらがさまざまな研究を行っているが、LaRochelleに誘導された式が比較的厳密なものとされている。

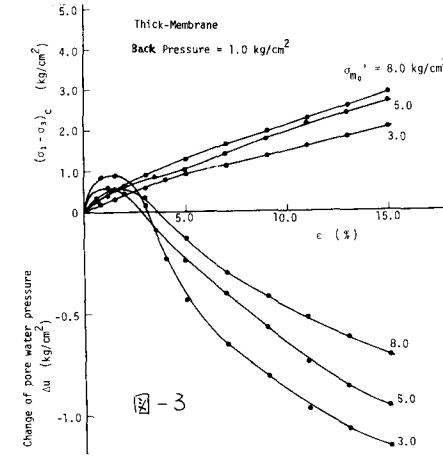
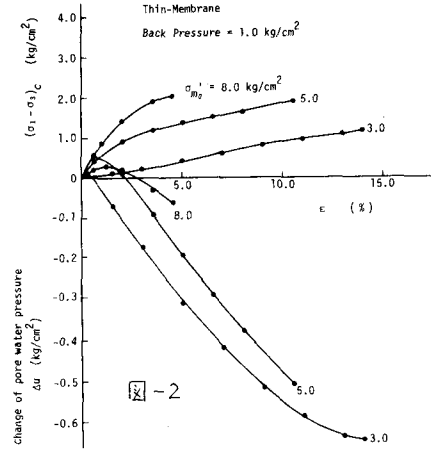
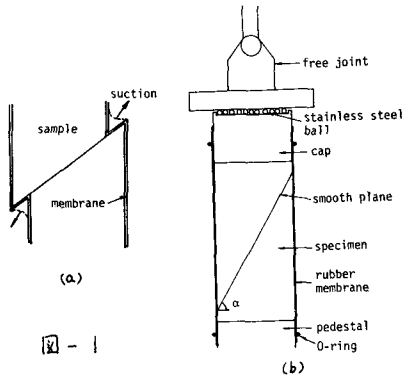
$$(\sigma_1 - \sigma_3)_c = \frac{\pi d_a}{A_e} \sqrt{\frac{k f A E}{\cos \alpha \sin^2 \alpha}} \quad (1)$$

ここに、 $(\sigma_1 - \sigma_3)_c$: 応力補正值 (kg/cm^2)、 d_a : 試料の直径 (cm)、 A_e : (2)式で与えられる有効断面積 (cm^2)、 k : メンブレンの引張り係数 (kg/cm)、 f : メンブレンと試料表面との単位面積あたりの摩擦係数 (kg/cm^2)、 α : 試料の初期長さ (cm)。

一方、せん断の有効断面積 A_e はひずみの変化とともに変わり、次の式で与えられる。

$$A_e = d_a^2 (\theta - \sin \theta) / 4 \quad (2)$$

ここに、 $\theta = 2 \cos^{-1} (2 E_1 / \tan \alpha)$ 、 α : せん断面の傾斜角度。



3. 考察

通常の土質試料の三軸試験に用いる厚さ 0.25 mm , $\sigma_1 = 0.35\text{ kg/cm}^2$ の薄いメンブレンと岩石材料試験に用いる厚さ 1 mm , $\sigma_1 = 0.7\text{ kg/cm}^2$ のメンブレンについて一連の実験を行った。実験結果に対する試料の周げきの影響を排除するために周げきがないプラスチック試料を使った。また、堀により示された結果と岩石試験の結果に基づき試料の中に角度 60° の滑かなすべり面を設けた。実験は図1-(b)のような装置に Back pressure = 1 kg/cm^2 の場合、有効拘束圧 $3, 5, 8\text{ kg/cm}^2$, Back pressure = 3 kg/cm^2 の場合、有効拘束圧 $1, 3, 5\text{ kg/cm}^2$, セン断速度 0.011 mm/sec の条件で行った。図(2)(3)(4)に示される実験結果によってメンブレンが薄い場合と厚い場合の両者とも有効拘束圧が大きいほど、大きな応力補正值が生じることがわかる。たとえば Back pressure = 1 kg/cm^2 , 10% のひずみに対応する応力補正值は薄い方が 1.7 kg/cm^2 , 厚い方が 2.0 kg/cm^2 に達することがわかる。

一方、メンブレンの変形によって生じるサクションが Back pressure と有効拘束圧をパラメータとして与えられることがわかる。すなわち、Back pressure が大きいほど、生じるサクションが大きくなり、また、有効拘束圧の増加とともに生じるサクションが減少することも図(2)(3)(4)から理解される。

実験結果より有効拘束圧をパラメータとして、メンブレンとプラスチック試料表面との摩擦力を図(5)に示す。同図は LaRochele と堀の実験結果も載せてある。一例として、Back pressure = 1 kg/cm^2 , 有効拘束圧 $= 3, 5\text{ kg/cm}^2$, 厚いメンブレンの f 値を用いて LaRochele に誘導された式(1)に代入して得られた応力補正計算値と実験測定値を図(6)に示す。図よりひずみ 7% で有効拘束圧 5 kg/cm^2 のときは、実験値と計算値は 5.8% の差があり、有効拘束圧 3 kg/cm^2 のときは、 6.9% の差があることがわかる。したがって LaRochele の応力補正式が小さなひずみの岩石試験に適用できることが理解される。

参考文献

1. LaRochele. P. , "III Panamerican Conf. Soil Mech., 1, 1967" pp. 273-293
2. Bishop A.W. "The measurement of Soil properties in the triaxial test" 1962. pp. 167-171
3. 堀 正幸, "三軸試験結果におよぼす面積およびメンブレン補正について" 昭和53年度関西支部年次学術講演会 講演概要 Ⅲ-15.

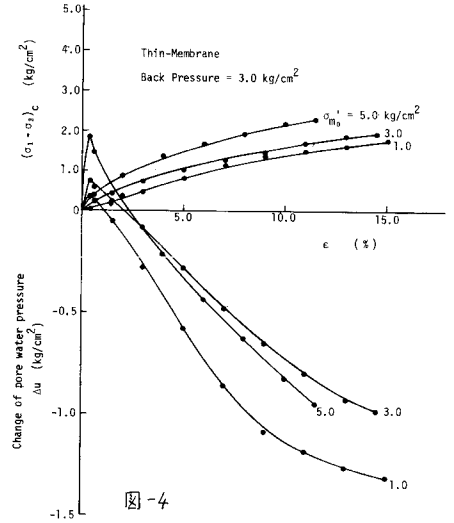


図-4

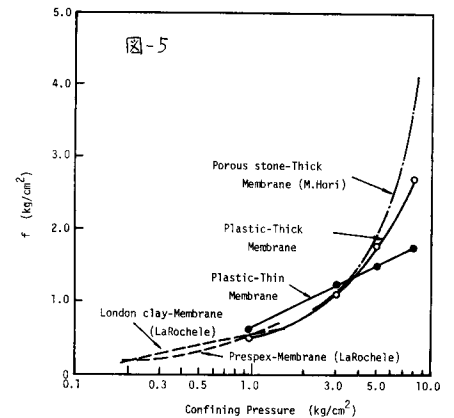


図-5

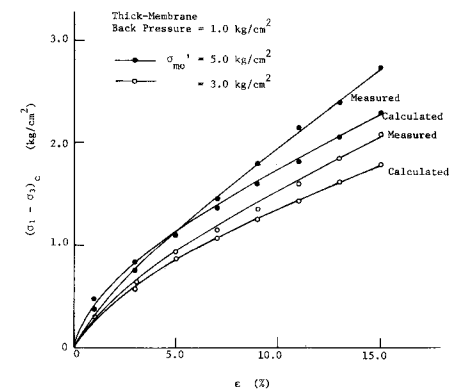


図-6