

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

京都大学工学部 正員 堀 正幸

1. 序 三軸圧縮試験によって試料が“なる型”に変形して破壊する場合の断面補正やメンブレン効果については、よく知られており、Henkel と Gilbert¹⁾, Duncan と Seed²⁾ の文献に詳しく述べられている。他方、過圧密粘土や密砂、岩石材料について試験をすると、ある角度をもつ一つのせん断すべり面(あるいは、ある幅をもつすべり領域)が明瞭に現われ、変形はその面に沿って集中して生じる。このような破壊形態に対する断面補正やメンブレン効果については充分知られておらず、あまり問題にもされてないのが現状である。本報告は三軸圧縮試験結果におよぼすメンブレン効果について、その特性とすべり面及び水圧測定にもたらす問題点を概略してとりよとのためである。

2. 断面補正とメンブレンによる補正応力 試料が“なる型”に変形する場合の有効断面積 A_e は、試料の体積が一定とすれば次式で与えられる。

$$A_e = A_0 / (1 - \epsilon_1) \quad (1)$$

ここに、 A_0 :初期断面積、 ϵ_1 :軸ひずみ。すなわち圧縮変形とともに有効断面積は増加する傾向にある。またこの場合のメンブレンによる補正応力は無視しうな程度であり、Bishop と Henkel³⁾ によれば15%のひずみ時において高々2.05 kg/cm² である。他方、図-1に示されるようにせん断面がある角度 α をもつて現われ、変形はその面上に集中して生じる時、有効断面積は斜線と示される部分であり、減少する傾向にある。すなわち、有効断面積は次式で与えられる。

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

ここに、 $\theta = 2 \cos^{-1} (2\epsilon_1 / \tan \alpha)$
 d_a :試料の初期の直径。せん断面が現われるまでは“なる型”の変形とすると考えれば、有効断面積の変化は結局図-2のように(1)、(2)式より求められる。

図-1に模式的に示されるようにメンブレンは試料の変形に応じて引張りを受け、その反力として試料は変形の拘束を受ける。これがメンブレン効果であり、結果的には軸方向の荷重(または応力)測定に影響をもたらす。この応力補正については

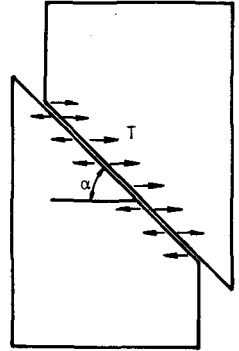
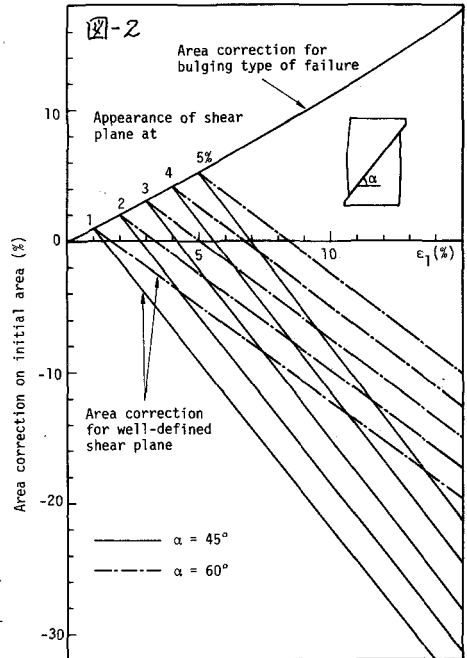
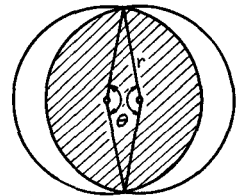


図-1



Chandler⁴⁾や La Rochelle⁵⁾の研究, 最近では Pachakis⁶⁾の研究があるが, La Rochelle の誘導した式がその機構と比較的最もよくとらえ表現している。すなわち, メンブレン効果による補正応力は次式で与えられることと誘導している。

$$(\sigma_1 - \sigma_3)_c = \frac{\pi d_a^2}{A_c} \sqrt{\frac{k f h E_1}{\cos \alpha \sin^2 \alpha}} \quad (3)$$

ここに, $(\sigma_1 - \sigma_3)_c$: 補正応力 (kg/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体積当りの摩擦力 (kg/cm^2), h : 試料の初期長さ (cm), A_c : (2)式で与えられる有効断面積 (cm^2)。すなわち, 試料の材料, 大きさ, 用いるメンブレンが決すれば補正応力は軸ひずみの関数で与えられることが分かる。未知の係数 $k f$ をパラメータにとり (3)式を計算した結果が図-3に示されている。また軸方向荷重の補正量 L_c (kg) を求めたのが図-4である。(3)式より $L_c / \sqrt{k f}$ は $\sqrt{E_1}$ に比例して増加することが容易に理解される。またそれはすべり面の角度にそれとは依存しないことも読みとれる。

3. 考察 係数 $k f$ は簡単に試験から求められるが, 通常土試料に用いる厚さ 0.25 mm のゴム製のメンブレンでは 0.35 kg/cm , 岩石材料試験用に用いる厚さ 1 mm のものは 0.70 kg/cm 程度である。係数 f についてはゴムの質, 試料の表面の状態, 拘束圧に依存して決まる。たとえば粘土試料, うすいメンブレンを用いた場合の f の値は拘束圧が 3.0 kg/cm^2 では約 1.0 kg/cm^2 である。

これらの値を用いれば, メンブレン効果による補正応力は図-3より $E_1 = 10\%$ では約 0.9 kg/cm^2 となり, 粘土の残留強度の大きさに比べ無視しえない値である。表面の粗い岩石材料の試験では f がさらに大きくなり, その効果はもっと顕著となるであろう。

メンブレン効果のもう一つの重大な効果は, 図-5に示すようにメンブレンの引張りにより, 体積膨張の傾向にあり, 非排水試験であれば局部的にサクションが働いて, 間隙水圧測定に誤差を生じることである。以上の考察に基づき, 簡単な実験を行なったのでその結果を当日発表する。

参考文献

- 1) Geotechnique, 3, 1952, pp.20-29.
- 2) Report No. TE 65-4, Univ. of Calif. 1965.
- 3) "The measurement of soil properties in the triaxial test", 1962.
- 4) Geotechnique, 16, 1966, pp.181-186.
- 5) III Panamerican Conf. Soil Mech., 1, 1967, pp.273-293.
- 6) Geotechnique, 26, 1976, pp.226-230.

