

九州大学工学部 正員 山内 豊 聡
 同 正員 巻内 勝 彦
 同 正員 林 重 徳
 同 ○学生員 藤 畑 定 生

I ま え が き

土構造物の設計、施工、解析に際して不可欠な土の構成則ならびに破壊規準を実験的に求める必要性が高まっている。そのために供試体の要素試験としての精度が良かつ汎用的な試験装置と試験方法の開発が要求される。現状では、従来の軸対称三軸圧縮試験に加えて、単純せん断や三主応力制御試験装置が普及しつつある。しかし、いずれもこれらの装置は応力又は変形状態の再現に制約があり、要素試験として完璧な機能を備えたものとはいえない。すなわち、供試体に互に異なる3つの垂直応力と3つのせん断応力を同時に載荷して、いわゆる一般応力状態を与えることができない。土は程度の差こそあれ本質的には異方性材料であり応力履歴依存性があり、構造物下の地盤や斜面安定など実際の応力状態を考え合すると、一般応力状態の挙動や三主軸の回転の影響を解明し、考慮しなければならぬのは当然である。このような理由から、新しい方式の試験装置として一般応力型圧縮試験機を考案、試作した。本文ではこの装置の性能と問題点について報告する。

II 一般応力状態と変形状態

一般的な応力状態すなわち直方供試体に加わる互に独立な6つの応力成分

垂直応力成分 : $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$

せん断応力成分 : $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$

は図-1のように示される。一般応力状態では、直方供試体の6つの面に作用する応力成分は18あるが、独立制御を要する応力成分は6つである。この6つの応力成分をコントロールすれば、

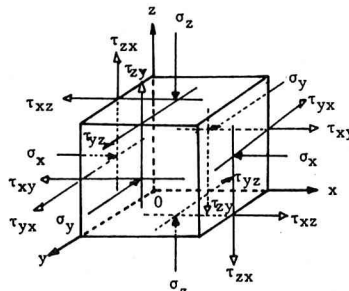


図-1 一般的な応力状態

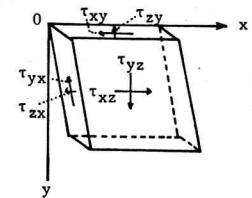


図-2 z軸方向上面よりみた供試体の変形状態

ば、任意のストレスパスを与え、3つの応力主軸の回転を自由に与えることができる。このことは供試体が異方性をもつ場合特に重要な問題となる。以上のことから、この一般応力状態を再現可能な試験が要素試験として最も理想的であり完全なものといえる。図-2は三次元的な変形を受けた後の、z軸方向の上面からみた供試体の変形状態である。この図では分りにくい、実際にはせん断変形と共に体積変化が同時に生じる。

III 一般応力型圧縮試験機

制御成分が6つといえども、現実には装置内部の加圧機構、変位計測、そして試験操作など非常に複雑である。このことが過去において一般応力型圧縮試験機が全く製作されなかった最大、唯一の理由であらう。図-3は、本試験装置の外観を示す。

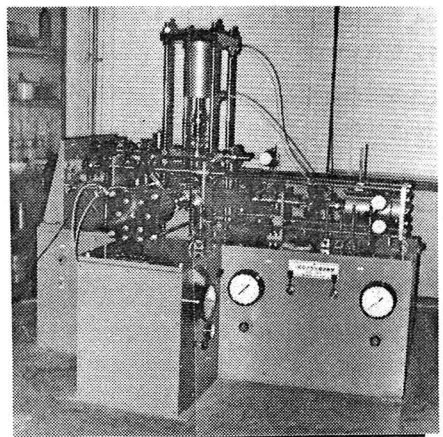


図-3 一般応力型圧縮試験機の外観

III-1 載荷方式 図-4に載荷系統図が示されているよ

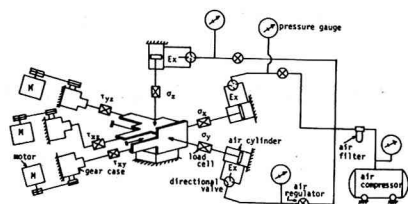


図-4 載荷系統図

うに、垂直応力はベロフラムシリンダー（負荷容量 1000 kg）を用いた空気圧負荷方式、せん断応力は電動スクリュージャッキ（容量 500 kg）による変位制御方式である。Ⅲ-2 垂直応力加圧方法

図-5に示すように、 z 軸と y 軸の垂直応力は剛板により加圧し、 a 点が原点となり、 c 、 d 点は供試体の変形に伴ないスライドする。 b 点面は常に水平を保つが、 a 点面と c 点面は傾斜可能である。図-5に垂直な面の垂直応力は、図-6の100本からなるロッド（ $\phi 5$ mm、先端 $\phi 9.7$ mm）により供試体の両面に直接負荷させる。このロッド束は断面 a と c （図-5）の形状変化に追従して菱形に変形する。Ⅲ-3 せん断応力加圧方法

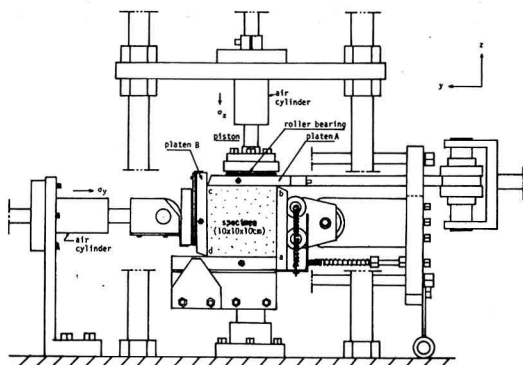


図-5 一般応力加圧室（ x 軸に垂直な断面）

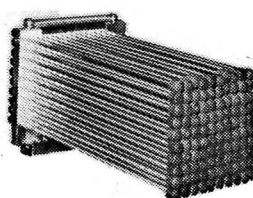


図-6 x 軸方向載荷ロッド

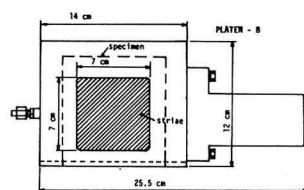


図-7 載荷板の内側面

無段変速方式の電動モーター駆動（0.5~7 mm/min）を用いて、図-5に示す板 A には2つのせん断応力 τ_{xz} 、 τ_{yz} を載荷し、板 B には τ_{xy} を負荷する。載荷板の変位は図-7に示す載荷板の歯形を介して供試体表面に伝達され、荷重はロードセルによって検出する。Ⅲ-4 変位測定

供試体の変位は差動トランス型変位計およびダイヤルゲージを用いて計測する。 x 、 y 軸方向の変位は載荷板（あるいはロッド端に取り付けた剛板）の隅角部の変位を測定し、軸ひずみとせん断ひずみを計算で求める。 z 軸方向は軸変位のみを測定する。

Ⅲ-5 供試体メンブレン 供試体を含むメンブレン材料の選定は、図-8に示す市販の薄膜プラスチック材料を比較して、含水量変化を最小限にとどめ、伸張性の良い PARAFILM を使用することにした。ただし、歯形の喰い込みによりメンブレンが傷つきやすいことを注意する必要がある。

Ⅳ あとがき

実験方法と解析方法の詳細についてはここでは割愛する。ここに報告した装置は一般応力状態を載荷できる現在のところ唯一のもので、全く新しく開発された試験装置である。主な利点を列挙すると次のようである。1) 異方性材料に対して応力主軸方向を自由に与えることができる。2) 三次元主軸回転が可能。3) スティフネス S_{ij} 又はコンプライアンス C_{ij} の要素 36個が完全な形で求まる。欠点としては、1) 何れ供試体しか試験できない。2) 圧縮加圧のみで引張載荷はできない。3) 装置の機構と操作が複雑で、測定の数も多く、試験法は容易とはいえない。4) 飽和試料の間隙水圧を現在のところ測定および調整していない。などが挙げられる。欠点については今後さらに改良と工夫を重ね検討してゆきたい。

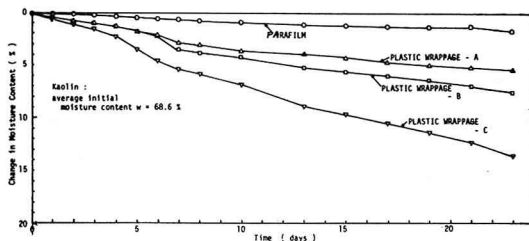


図-8 供試体メンブレン材料の透水性の比較