

多軸試験機について

京都大学防災研究所 正員 北村良介

1. まえがき 土の力学特性を解明するため、また設計、施工に用いる土の諸常数を求め、土の要素試験として通常の三軸試験装置 (conventional triaxial apparatus) が従来からよく用いられてきている。この装置は操作が比較的簡単で、しかもかなりの精度のデータが得られるが、供試体内に発生する応力状態が軸対称であり、常に2つの主応力が等しい状態に限られている。一方、実際の地盤 (例えば、基礎構造物周辺の地盤など) は一般に3主応力の大きさ、方向が任意な応力状態にあるものと考えられる。したがって、このような応力状態での土の力学特性を解明していくための室内実験装置として相異なる3主応力を発生させるこのとき三軸装置 (以下、多軸試験機という) の開発が必要である。このような認識のもとに、主に1960年代以後、各国で種々の多軸試験機が考案されてきており、筆者も試作を行っている。今回の発表では、すでに多くの研究者により開発された多軸試験機について概観し、その長所、欠点について簡単に述べることにする。

2. 多軸試験機 多軸試験機は相異なる3主応力を発生させる方法によって大きく3つに分けることができる。まず、第1は中空円筒装置 (hollow cylindrical apparatus) と呼ばれるものである。この装置は中空円筒供試体の側方に異なった内圧、外圧を作用させ、さらに供試体上下端面に軸方向力とネジリ力を与えることにより相異なる3主応力を発生させる装置である。第2の装置は通常の三軸装置のセル内に新たな第3の載荷装置を挿入することにより立方体、あるいは直方体の供試体に相異なる3主応力を発生させようとするものである。以下、この装置は修正三軸装置 (modified triaxial apparatus) と称することにする。この装置はさらに新たな載荷装置としてゴム袋 (flexible rubber bag) を用いたものと、剛板 (rigid plate) を用いたものに分けられる。第3の装置は箱型 (box type) と呼ばれるものである。この装置は直方体、あるいは立方体の箱の中にある供試体の各面に載荷することにより相異なる3主応力を発生させるものである。この装置も載荷方法としてゴム袋を介するものと、剛板を介するものとに分けられる。以上のことをまとめたものが図-1に示されている。図-1にはこれらの装置を用いた研究者の名前が年代順に併記されている。

以下、これらの装置の長所、欠点について簡単に述べることにする。
中空円筒装置は通常の三軸装置では得られない大きなひずみの段階まで実験が可能であり、また交差するネジリ力を比較的簡単に与えることができるため動的な試験によく用いられている。しかし、供試体内に発生する応力、ひずみが通常の三軸装置に比べると非一様になりやすい欠点を有している。ゴム袋を用いた装置においては修正三軸、箱型いずれの場合にも応力が一様に伝わるという長所をもっているが、ゴム袋が flexible であるために変形が非一様になりやすく、また、ゴム袋が膨張して供試体の隣りの面に影響を与えるという欠点を有している。ゴム袋を用いた箱型装置においては変形がゴム袋への液体の出入によって測定されており、砂質土のように粒径の大きな試料ではゴム袋の供試体への貫入量の変

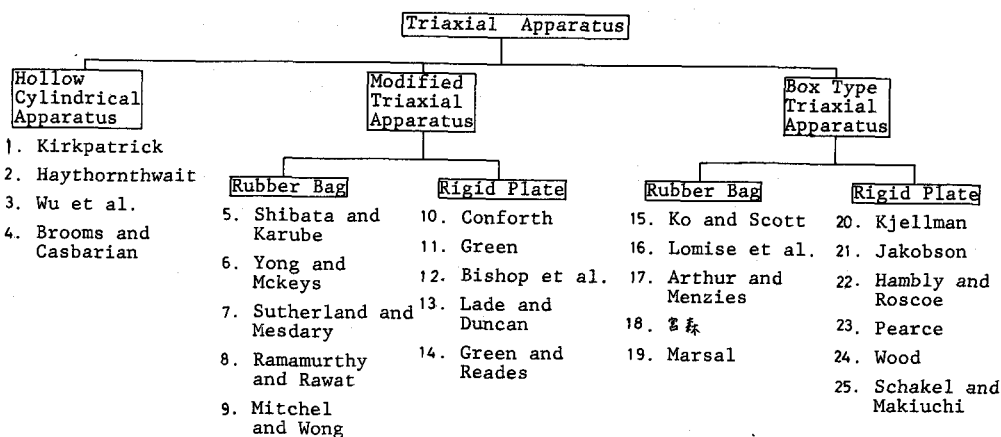


図-1

化による誤差が生じるものと考えられる。一方、剛板を用いた装置ではゴム袋の場合と逆に、変形は一様であるが、剛板と供試体との接触面がフラットでない場合が多く、作用する圧力が非一様になりやすい欠点を有している。修正三軸装置ではおのりの載荷装置による供試体の変形をゲイタルージ、ストレインケージ、読取顕微鏡などによって測定しているものが多いが、軸方向変位、体積変化の測定精度に比べると劣っているようである。

3. あとがき 今回の発表では従来から用いられてきている多軸試験機を相異なる主応力を発生させる方法により分類し、その長所、欠点について簡単に述べてきた。これらの装置のうち、総合的にどれが最もよいということでは現段階ではいえない。いずれにしても多軸試験においては通常の三軸装置より測定すべき力、変位が多いわけであり、図-1に示した装置では通常の三軸装置の精度を越えるものを開発することはなかなか困難である。最後に、図-1に示された文献を下記に示しておく。

- 1) Kirkpatrick: Proc. 4th ICSMFE, Vol.1, 1957, pp.172-178, 2) Haythornthwaite: Proc. ASCE, Vol. 86, No. SM5, 1960, pp.15-62, 3) Wu: Proc. ASCE, Vol. 89, No. SM1, 1963, pp.145-181, 4) Brooms: Proc. 6th ICSMFE, Vol. 1, 1965, pp.179-188, 5) Shibata: Proc. 6th ICSMFE, Vol.1, 1965, pp.359-363, 6) Yong: Proc. 3rd Panam. Conf. SMFE, Vol.1, 1967, pp.131-143, 7) Sutherland: Proc. 7th ICSMFE, Vol.1, 1969, pp.391-399, 8) Ramamurthy: Proc. 8th ICSMFE, Vol.1, 1973, pp.339-342, 9) Mitchel: Can. Geotech., Vol. 10, 1973, pp.520-527, 10) Conforth: Geotech., Vol.14, No.2 1964, pp.143-167, 11) Green: Proc. Roscoe Memorial Symp., 1971, pp.285-323, 12) Bishop: Proc. 8th ICSMFE, Vol. 1, 1973, pp.57-64, 13) Lade: Proc. ASCE, Vol. 99, No. SM10, 1973, pp.773-812, 14) Green: Geotech., Vol.25, No.2, 1975, pp.333-356, 15) Ko: Geotech., Vol. 17, No.1, 1967, pp.40-57, 16) Lomise: Proc. 7th ICSMFE, Vol.1, 1969, pp.257-265, 17) Arthur: Geotech., Vol.22, No.1, 1972, pp.115-128, 18) 宮森: 土木学会論文報告集, No.255, 1976, pp.81-91, 19) Marsal: Proc. 8th ICSMFE, Vol.1, 1973, pp.259-264, 20) Kjellman: Proc. 1st ICSMFE, Vol.2, 1936, pp.16-20, 21) Jakobson: Proc. 4th ICSMFE, Vol.1, 1957, pp.167-171, 22) Hambly: Proc. 7th ICSMFE, Vol.2, 1969, pp.173-181, 23) Pearce: Proc. Roscoe Memorial Symp., 1971, pp.330-339, 24) Wood: Geotech. Vol.25, No.4, 1975, pp.783-777, 25) Schakel: Proc. 9th ICSMFE, Vol.1, 1977, pp.295-300.