

III-177 高剛性圧縮試験機の試作と岩質材料の2, 3の1軸圧縮試験結果について

琉球大学工学部 正員 ○ 渡嘉敷 直 彦
名古屋大学工学部 正員 川 本 脩 万
名古屋大学工学部 学生員 今 津 雅 紀

1. まえがき

地下発電所、トンネル、坑道などの地下空洞周辺の岩盤においては、地山応力が高いとき空洞周囲に塑性域が発生し、時には何らかのひきかえ効果によって、山はねが起ることもある。したがって、地下空洞周辺の岩盤の塑性域における力学的挙動および力学的安定性を十分に究明する必要がある。このためには、岩石試験片の圧縮応力下における、特に破壊強度点以後の変形・破壊挙動を明らかにすることが重要である。破壊強度点以後の岩石試験片の力学的挙動を調べるために、現在までに試験機の剛性を高めた種々の圧縮試験機が開発されているが、性能、使用性、価格の面で必ずしも十分な装置が得られていない。既往の試験法を大別すると次の3つがある。

(1)従来の油圧式圧縮試験機に金属性の剛性棒を試験片と並列に配置し、これらを同時に圧縮する方法、(2)金属棒の熱膨縮を利用して、試験片に圧縮力を加える方法、(3)油圧サーボ機構により、設定されたひずみ速度により制御する方法、である。このうち、(1)の方法は、従来の試験機が使用できる利点があるが、ひずみの測定可能範囲が小さい欠点がある。(2)の方法は、試験機の構造が簡単であるが、ひずみの測定範囲が比較的小さく、荷重速度制御が難しい。(3)の油圧サーボ方式によって試験機の剛性を高める方法は、油圧の瞬間的な微小制御が難しく、またこの試験機の制御機構が複雑なため、試験機製作に要する費用が高いという欠点がある。以上の観点から、本研究では、岩質材料の破壊強度点以後の完全応力-ひずみ曲線の測定が可能な高剛性変位速度制御圧縮試験機を試作し、本試験機を用いて1軸圧縮下における岩質材料の変形・破壊挙動を調べたので、その1部を報告する。なお、3軸圧縮下の変形・破壊挙動を究明するために、本試験機に装着可能な3軸圧カセルを試作し実験を進めている。

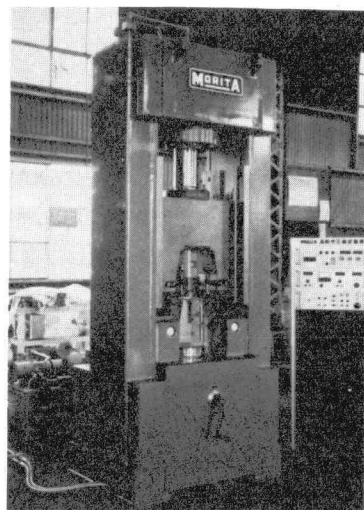


写真-1 試作試験機の外観

2. 試作高剛性変位速度制御圧縮試験機について

2.1 試験機の概要: 本試験機の外観を写真-1に示す。本試験機は、

本体、制御装置および油圧ポンプユニットから構成されている。本試験機の特徴は次の通りである。(1)試験機本体の剛性(約310t/mm)が通常の油圧式試験機の剛性(10t/mm~20t/mm)に比べて格段に大きい、(2)変位速度および荷重速度の制御を機械的制御機構により行う、(3)載荷プログラムを設定でき、載荷・除荷の繰り返しが自動的に行える、(4)装置の製作に要する費用は、油圧サーボ方式の試験機に比べて比較的安価である。次に本試験機的主要仕様は、次の通りである。

(1)最大負荷荷重: 100t(計測精度 $\pm 1\%$)、(2)変位ストローク: 最大5mm(計測精度 $\pm 1\%$)、(3)変位

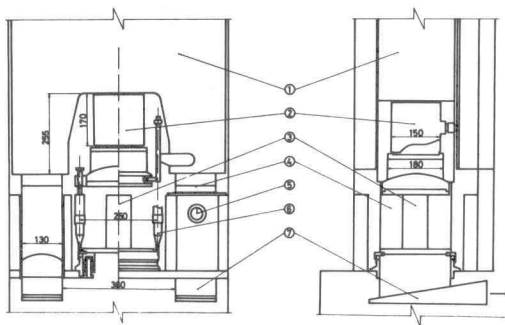


図-1 試作高剛性圧縮試験機の変位制御機構

速度：0.01～1mm/min。(4)供試体最大寸法： $\Phi 15 \times 51$ cm。

2.2 変位速度制御機構：試作試験機の変位速度制御機構を図-1に示す。制御の方法は次の通りである。油圧で動作する加圧ラム①によって、試験片③と並列に配置した鋼製支柱④に一定荷重を加えた後、支柱下部に配置した鋼製クサビ⑦をアリントモータにより水平方向に微動させて、試験片に荷重を加える。クサビの移動速度は、上下載荷板間に設置した2個の差動トランス⑥の出力と、あらかじめ設定された変位速度に対応する出力が同一になるように制御される。荷重の検出は、加圧ラムと載荷板間に設置した剛性を高めたロードセル②によって行う。⑤は、クサビの位置を示すためのダイヤルゲージである。

3. 実験方法

3.1 岩石試料：岩石試料として、神戸市垂水区名谷産凝灰岩（神戸層凝灰岩）、大理石、多孔質凝灰岩（大谷石）および比較のためモルタル（W/C = 65%）を用いた。供試体は円柱形とし、寸法は $\Phi 50 \times 100$ mmである。

3.2 載荷方法および測定方法：載荷には前述の高剛性圧縮試験機を用い、載荷方法は静的載荷および漸増繰り返し載荷とした。変位速度は、両試験ともに0.1mm/minの一定とした。載荷板間の変位は2個の差動トランスにより、また荷重はロードセルにより測定し、これらの測定値はX-Yレコーダに記録した。

4. 実験結果および考察

4.1 静載荷完全応力（ σ ）-ひずみ（ ϵ ）曲線：図-2は、静載荷による完全応力-ひずみ曲線を示しており、異った岩種について変形・破壊挙動を把握するために、そのレベルの応力、ひずみそれぞれ破壊強度時の応力 σ_{cs} 、ひずみ ϵ_{cs} で割って正規化している。試験片の初期潜在クラックが閉さくする応力レベルを越すと変形が弾性的に挙動し、 σ/σ_{cs} が0.6～0.8付近で曲線の勾配が緩くなる。この段階で試験片表面に大きな浮傷、分離は見られない。破壊強度点を過ぎ試験片表面に分離が現われると、試験片の耐力

が低下しひずみが増大する。試験片の分離がほぼ終った時点で曲線に変曲点が現われ、以後ひずみが流動する。これらの変形・破壊挙動は、各岩種において同様の傾向を示している。写真-2に破壊後の試験片の様子を示す。

4.2 繰り返し応力-ひずみ曲線：図-3は、神戸層凝灰岩の漸増載荷による σ - ϵ 曲線を示したものであり、点線は静載荷時の σ - ϵ 曲線である。繰り返し載荷時の包絡線と静載荷時の σ - ϵ 曲線とはほぼ一致している。応力上昇域で試験片が弾性的に挙動する領域では、降荷点と再載荷時の応力-ひずみ経路は一致し、また破壊強度点を過ぎて試験片の表面にクラックが現われる領域では、再載荷時の復帰強度は低下する。

〔謝辞〕実験に際し、御助力を得た石塚与志雄君（現清水建設）に感謝の意を表わします。



写真-2 破壊後の試験片（大理石）

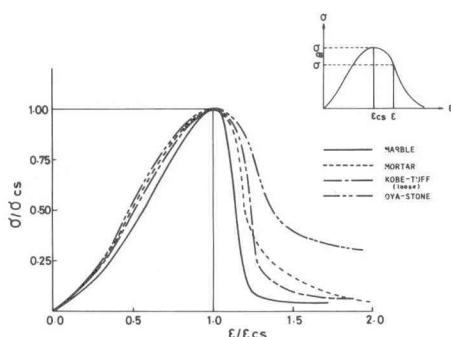


図-2 静載荷完全応力（ σ ）-ひずみ（ ϵ ）曲線

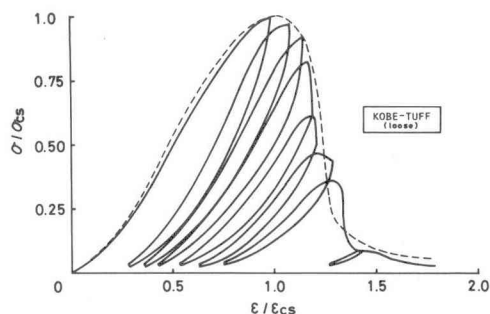


図-3 漸増載荷による σ - ϵ 曲線の1例