

III-300

増分弾塑性理論に対する岩質材料の三軸圧縮試験法について

琉球大学工学部 正会員 ○ 渡嘉敷直彦
 名古屋大学工学部 正会員 市川康明
 名古屋大学工学部 正会員 川本 眺 万

1 まえがき

一般に岩質材料の力学特性は非線形性を示し、また、せん断変形に伴う体積変形、いわゆるダイラタンス現象が生じる。これらの力学特性を表現するために、一般に塑性流れ理論に基礎を置いた弾塑性構成式が提案されている。しかしながら、せん断変形と体積変形が独立に発生する材料に流れ理論、すなわちスカラーポテンシャル理論を適用して応答を表すことは、本質的に無理がある。筆者らは、塑性流れ理論の持つ矛盾点を解決するために、せん断変形と体積変形の応答を独立に記述する増分弾塑性理論（多重応答理論）を提案¹⁾し、材料の応答関数を定めている。さらにこの理論を発展させて、従来塑性流れ理論の枠内で論じられている繰り返し応力下の弾塑性挙動について、その弾塑性応答関数を定めて増分弾塑性構成則を求めている²⁾。このような理論の厳密化が計られるに際し、必然的により精密なデータの測定が要求され、適切な実験の実施が必要となる。本報告は、岩質材料の変形破壊特性を表す応答関数を決定する三軸圧縮試験の方法について述べる。

2 岩質材料の三軸圧縮試験の方法

岩質材料の応答関数を定める三軸圧縮試験を行うに際して、次の点を考慮して実験装置および測定装置の開発を行った。1)脆性材料の変形破壊特性を調べるため、圧縮試験機が十分な剛性を持ち、変形制御の可能な試験機を用いる必要がある；2)三軸試験において供試体の軸変形および体積変形を精度よく測定すること；3)実験データの収集と整理を一貫して行い、材料の応答を精度よく特定する。

2. 1 実験装置および測定法

(1)三軸圧縮試験機 載荷試験に用いた試験機は、フレームの剛性を高めると同時に載荷板間に供試体と並列に鋼製支柱を配置して圧縮時の剛性を高めた高剛性圧縮試験機³⁾である。載荷制御は、機械的サーボ制御機構を採用し、可変変形速度制御により連続的なひずみ速度（0.01%～1%/min）に対する応答が得られる。また、繰り返し時の上限、下限の設定を変位、荷重の組合せによって繰り返し載荷試験を行うことができる。

(2)供試体の変形測定装置と測定法 材料のせん断応答、体積応答を調べるため、図-1に示す変形測定装置を開発して供試体の軸変形、体積変形を測定した。試験に用いた供試体は、直径50mm、高さ100mmの円柱供試体である。供試体の変形を精度よく測定するため、軸方向の変位を計る変位計（差動トランス）2本と側方変形を測定するリング型ゲージ3本を直接三軸セル内の供試体に装着した。リング型ゲージは、供試体の上部、中央部、下部の3カ所に60度回転させて取り付けけた。このリング型ゲージを用いて測定された側方変形の例を図-2に示す。供試体の体積は、測定された三つの側方変位を平均し円柱体として求めている。測定された大谷石の軸応力-側方ひずみの一例を図-3に示す。軸方向変位は、2本の差動トランスを供試体の上下のベドスタルに治具を用いて取り付け、二つの測定値を平均して求めた。

(3)実験データの計測システム 三軸圧縮試験のデータを記録、解析するために、図-4に示すパーソナルコンピュータによる自動計測システムを開発した。このコンピュータシステムは、データの記録のほか、

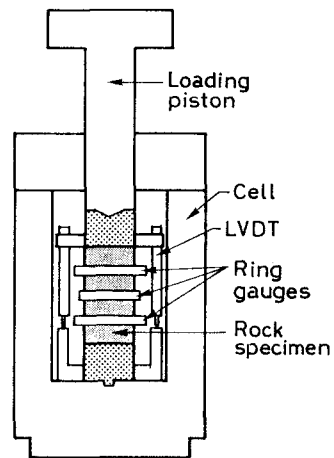


図-1 変形測定装置の装着

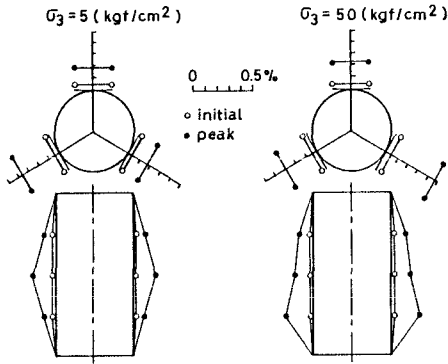


図-2 供試体の側方変形の測定例

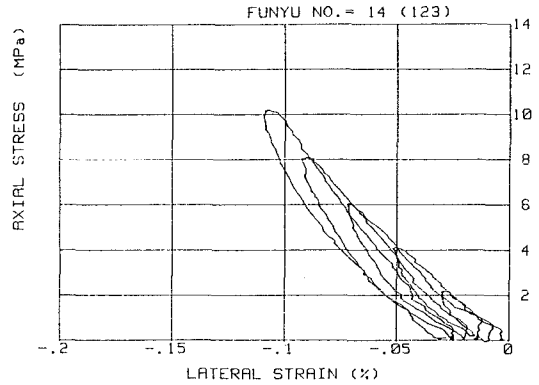


図-3 繰返し試験の軸応力-側方ひずみの測定例

試験のモニタリングと測定機器の制御を行う。測定データは、軸荷重、軸方向変位、側方変形、側圧の4項目である。測定されたデータは、試験のインシャルデータと共にフロッピーディスクに記録され、試験後データ処理が行われる。

2. 2 三軸試験の方法とデータ処理

試験は、0.1%/minの変形速度制御による単調載荷試験と繰返し載荷試験である。載荷後ピーク強度に至るまで単調に載荷する単調載荷試験により、線形弾性を仮定した弾塑性応答が得られる。また、所定の側圧をかける過程から繰返しを開始し、一定ひずみレベルで設定された繰返し点で載荷・除荷を行う繰返し載荷試験により、非線形な弾性挙動を考慮した弾塑性応答が得られる。各試験による測定データから軸ひずみ、側方ひずみを直和分解し、図-5に示す整理を行うと、偏差弾塑性応答および体積弾塑性応答が得られる。これらのデータからラプラス変換の離散スペクトル近似を用いて基底関数を定め、その係数を最小二乗近似によってデータフィッティングを行い、岩質材料の応答関数が定められる。

3 まとめ

提案された増分弾塑性理論を適用したせん断変形と体積変形の独立な応答は、観測されたデータの精度に対応した基底関数により定められる。したがって、応答関数の各成分を定めるため、より精度の高い三軸圧縮試験の実施とデータの測定を計りつつ、理論と実験の斉合性を考慮していく必要がある。

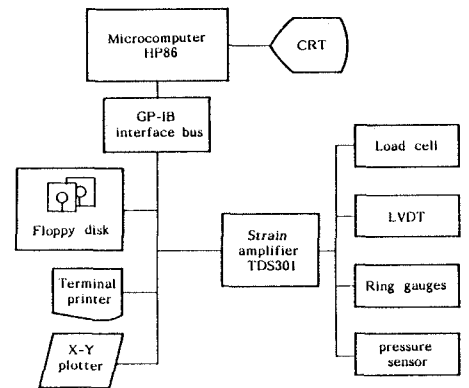


図-4 測定データの自動計測処理システム

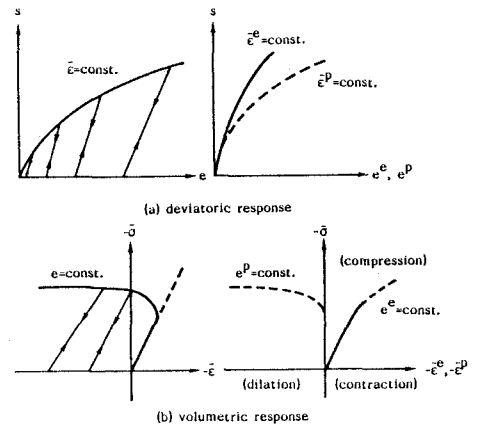


図-5 岩質材料の弾塑性応答（モデル）

参考文献

- (1) Ichikawa, Y., Kyoya, T. & Kawamoto, T.: Incremental theory of plasticity for rock, 5th Int. Conf. Numer. Meth. Geomech., Nagoya, Vol.1, Balkema, pp.451-462, 1985.
- (2) Ichikawa, Y., Kyoya, T. & Kawamoto, T.: Incremental theory of elasticity and plasticity under cyclic loading, Int. Conf. Num. Meth. Geo. Innsbruck, Vol.1, Balkema, pp.327-334, 1988.
- (3) 川本勝万、渡嘉敷直彦、石塚与志雄：新しいタイプの高剛性試験機による岩質材料の一軸圧縮試験について、材料、Vol.30, No.332, pp.517-523, 1981.