

III-625

自動化された多段階三軸圧縮試験による数種の岩石の強度特性

三井建設(株)技術研究所	正会員	○木山 保
三井建設(株)技術研究所	正会員	中田雅夫
サンコーコンサルタント(株)	正会員	原 正之
サンコーコンサルタント(株)	正会員	佐々木勝司

1. はじめに

1 本の供試体から三軸強度特性が得られる多段階三軸圧縮試験（以下MST法と呼ぶ）は、応力履歴による強度低下、従来法（以下SST法と呼ぶ）との変形特性の違い、また試験法の難しさ等から、その有効性は認められながらも普及した試験法とは言い難い。今回、まず試験装置・試験法の自動化を行い、ピーク強度近傍の制御が困難なClass II 岩石でもMST法が実施できるシステムを構築した。つぎに数種の岩石に関して、MST法とSST法の試験結果を比較し、MST法および本システムの有効性評価を試みた。

2. 多段階三軸圧縮試験の自動化

基本となる載荷装置（MTS815岩石試験装置）の能力は、最大軸荷重4500kN、最大封圧80MPaで、制御はデジタルサーボコントロールで行う。試験操作は制御用コンピュータで行い、時間遅れの少ない操作が可能である。ピーク強度等の判断は別のコンピュータで行い、ピーク等を判断したら制御用コンピュータにパルスを送出し、つぎの操作を実行する。軸方向の制御は、周方向変位計を用いた定横ひずみ速度制御を採用した。つぎに応力経路は、図1に示す

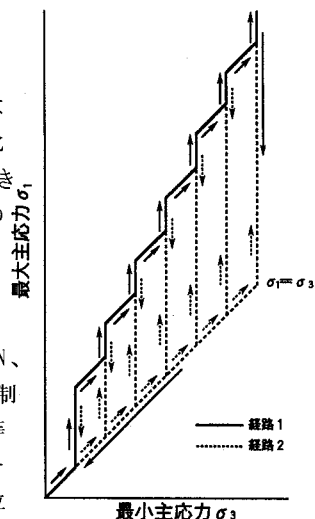


図1 応力経路

2 種類を試みた。経路1では、ピーク強度等を判断したら、すぐにつぎの封圧に設定し、軸差応力を増加させていく。経路2では、ピーク強度等を判断したら、一旦軸差応力を解放してからつぎの封圧に設定し、再び軸差応力を増加させていく。図2に試験フローを示す。最大設定封圧の場合は、ピーク強度以降も制御し続け、その後除荷し、残留強度特性についてもほぼ同様の手順で試験を行う。ピーク強度等の判断は、2 種類の方法を試みた。まず、計測精度範囲内で軸差応力がそれまでの最大値からある基準値減少した時点（以下ピーク直後と呼ぶ）で判断する方法、つぎに、軸差応力-横ひずみ曲線の接線勾配がある基準値以下になった時点（以下ピーク直前と呼ぶ）で判断する方法である。ピーク直後の基準値として0.05MPa、ピーク直前の基準値として 3×10^{-4} MPaを採用した。

3. 試験結果および考察

稲田花崗岩の供試体を用いて、応力経路2で、ピーク直前を判断した場合の軸差応力-軸ひずみ線図を図3に示す。封圧60MPaのピーク強度以降をみてわかるように稲田花崗岩はClass II 特性を示す岩石であるが、いずれの封圧レベルでもピーク強度近傍で安定した制御が可能であった。この試験では、最小封圧5MPaで2回続けて載荷を行なった。2回目のピーク直前は1回目より0.05MPa低く、この場合、繰り返し載荷による強度低下はきわめて小さい。稲田花崗岩では、1回目と2回目の軸差応力-軸ひずみ曲線が比較的一致しているが、他の岩種では一致しないものもある。

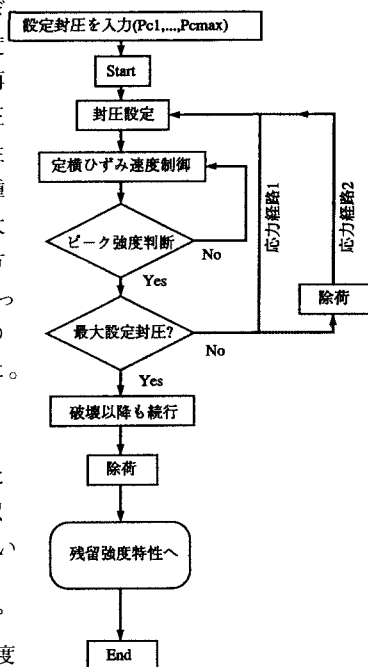


図2 試験フロー

り、変形特性に関してはさらに検討する必要がある。封圧60MPaで、ピーク直前を判断してから実際のピーク強度に至るまでの応力の増加は0.1MPaで、ピーク強度のごく近傍でピーク直前を判断していた。

来待砂岩で試験した25個のSST法と2個のMST法のピーク強度を図4に示す。2個のMST法では、どちらも応力経路1で载荷し、ピーク直後を判断した。まずSST法では、同一の封圧でもかなり強度にばらつきがある。図中目安として近似直線を付加したが、強度特性は上に凸な曲線を示すと思われる。つぎにMST法の2例では、同じ封圧でのピーク強度は一致していないが、どちらも上に凸な曲線を示し、強度特性曲線の傾向はよく一致している。またSST法とMST法の強度は、ばらつきの範囲内で一致していると言える。

図5に、新小松安山岩の試験結果を示す。この場合、SST法の試験数が少ないが、封圧40MPaと60MPaの結果をみるとかなり強度のばらつきが大きいと思われる。MST法の4個の結果は、応力経路1と2、ピーク直前と直後の組み合わせで試験したものである。最小封圧における強度がほぼ一致しているMST_1、MST_2およびMST_4は、その後の封圧レベルでも良い一致を示し、応力経路やピーク等の判断方法の違いは、今回の試験では、強度特性にほとんど影響を及ぼしていない。また最小封圧でやや強度が大きかったMST_3は、他と比較して強度は大きい、強度特性曲線の傾向は他とよく一致している。

4. まとめ

まず、定横ひずみ速度制御の採用、ピーク強度等の判断および試験操作の自動化により、Class IIに属する岩石でもMST法が実施できるシステムを構築した。つぎに、数種の岩石でMST法およびSST法で試験を実施し、応力経路、ピークの判断法および採用した制御法の妥当性を確かめた。また、強度は個々の供試体でばらつくが、封圧増加にともなう強度増加の傾向はよい一致を示すことがわかった。さらに今回の試験では、応力経路やピーク等の判断法の違いは強度特性に影響を及ぼしていないと考えられる。

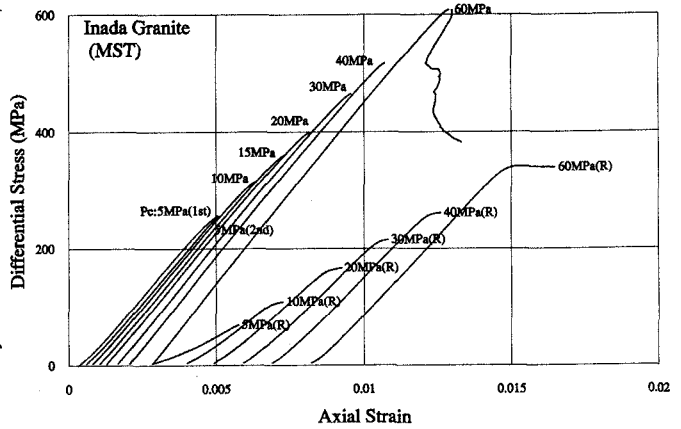


図3 MST法の軸差応力-軸ひずみ線図（稲田花崗岩）

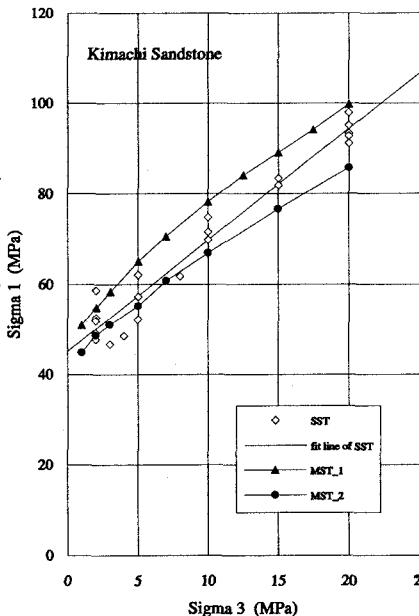


図4 来待砂岩の強度特性

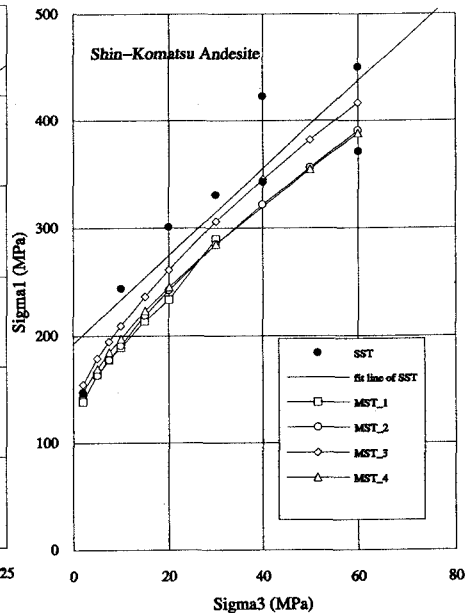


図5 新小松安山岩の強度特性