

III-350

異方性岩に対する連続破壊一面せん断試験法の適用に関する研究

関西大学工学部 正 員 谷口敬一郎

関西大学工学部 正 員 楠見 晴重

関西大学大学院 学生員○寺岡 克己

関西大学大学院 学生員 羽田 武司

1. まえがき 従来行われている三軸圧縮試験あるいは一面せん断試験において、岩石の正確な強度特性を知るためには数多くの供試体が必要である。しかし不連続面あるいは異方性を有する岩石に関しては、同質の供試体を数多く用意することはほとんど不可能であり、そのため得られた結果のばらつきは大きく信頼性は低い。したがって、できる限り数少ない供試体によってより多くの強度特性を得ることが望まれる。

本研究では、異方性を有する岩石に対して、Kovariらによって提案されている連続破壊一面せん断試験（Continuous Failure State Direct Shear Test¹⁾以下CFS試験とする）を行い、異方性岩に対する有効性について検討を行った。

2. 供試体 本実験で用いた岩石試料は、奈良県吉野郡において採取した緑泥片岩であり、三波川変成帯に属する結晶片岩で、薄緑色を呈している。片理構造は顕著であるが、片理の微褶曲がみられる。実験に際しては片理面とせん断面とが平行となるように整形したものをを用いた。なお本実験で用いた緑泥片岩の一軸圧縮強度は片理の傾斜角により異なり、約800～1700kgf/cm²の値を示す。

3. 試験方法 CFS試験は以下の手順に従って行われる。なお図-1(a),(b)はCFS試験によって得られるせん断応力-せん断変位曲線図および応力経路図を模式的に示したものである。

最大せん断強度に関して、1) 初期垂直応力 σ_{nint} においてせん断応力を加える。2) せん断応力-せん断変位曲線によって最大せん断強度点の直前点を判断し、垂直応力を所定の σ_{nmax} まで連続的に増加させる。3) σ_{nmax} において最大せん断強度に達した後さらにせん断を続行し残留せん断強度に至る。

残留せん断強度に関して、4) 垂直応力を σ_{nmax} から σ_{nint} まで連続的に減少させる。

上記の手順によりせん断応力-せん断変位曲線 $o a b c d$ と応力経路 $O A B C D$ が得られ、応力経路 $A B$ 、 $C D$ は各々最大および残留せん断強度の破壊包絡線となる。しかしここで最も問題となるのは σ_{nint} における最大せん断強度点 a の判断であり、その判断が遅れた場合には供試体は残留強度状態に達し、以後最大せん断強度の測定は不可能となり、早すぎた場合、曲線 $A' B'$ のように実際のせん断強度より低い値を与えることになる。本研究では最大せん断強度点の正確な判断を行うためにA/E計測を行い、その計測結果より最大せん断強度点来判断した場合の強度特性と応力-変位曲線の観察により判断した強度特性との比較も行った。なおA/E計測による最大せん断強度の把握は、

A/Eのイベント数が急激に増加するせん断応力の値とする。次に問題となるのは垂直応力の増加速度であり、これは図-1(a)のEとVの比 V/E で表される。なおEは σ_{nint} における応力-変位曲線の直線部分の傾きであり、Vは垂直応力の増加過程における応力-変位曲線の傾きである。この V/E が小さい場合には曲線 $a e f$ のように垂直応力の増加過程において供試体が破断し、以後残留強度域での試験となる。そこで今回の実験においては、せん断応力-せん断変位曲線をできる限り注意深く観察することによって、供試体が

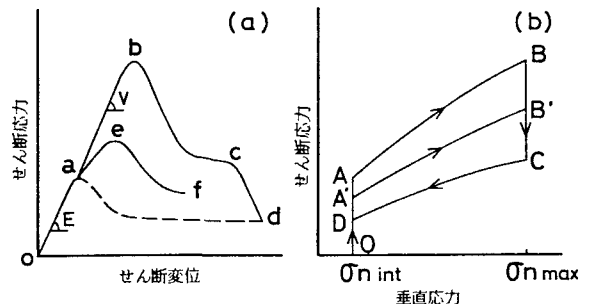


図-1(a) せん断応力-せん断変位図
(b) 応力経路図

破断に至らないように垂直応力を増加させた。なお、CFS試験の有効性を検討するために一般に行われている定圧一面せん断試験（以下Conventional試験とする）も行った。

4. 実験結果 図-2は、CFS試験およびConventional試験結果より得られた τ - σ_n 関係を表したものである。この図より、残留せん断強度に関してはCFS試験結果とConventional試験結果は非常によく一致していることが認められた。最大せん断強度に関してはAE計測を行わなかったものは、行ったものと比較して低い垂直応力下においてやや低いせん断強度値を示しているが、いずれもConventional試験から得られたせん断強度値とほぼ同様な値を示していると思われる。図-2に示した実験結果から最大せん断強度および残留せん断強度に関して粘着力 C 、内部摩擦角 ϕ を求めたものを表-1に示す。この表より最大せん断強度に関して、AE計測を行わなかった場合の ϕ はConventional試験から得られた ϕ に比べてかなり大きな値となっており、これは $\sigma_{n_{int}}$ における最大せん断強度の判断を早目に行っているためであると考えられる。これに対しAE計測を行った場合、Conventional試験よりもやや低い ϕ を示しているもののほぼ妥当な値が得られたものと思われる。残留せん断強度に関してはCFS試験、Conventional試験ともにほぼ同様な C 、 ϕ の値を示している。このことから異方性岩に対して初期垂直応力下における最大せん断強度の判断にAE計測を用いたCFS試験によって、一つの供試体で最大せん断強度、残留せん断強度の破壊包絡線を得ることが十分可能であることが認められたが、さらに本試験の信頼性を増すためにつぎのようなことを考慮する必要があると思われる。

CFS試験における垂直応力の増加速度に関連したものとして、垂直応力によるせん断剛性の変化を知るために、一つの供試体に対して繰り返し載荷試験を行った。その結果得られた垂直応力 σ_n とせん断剛性 k_s の関係を図-3に示す。この図よりせん断剛性 k_s は低い垂直応力下において、垂直応力の増加にともない比較的大きな増加量を示すが、高い垂直応力下においてはその増加率は減少する傾向がみられる。KovariらはCFS試験の供試体として等剛性材料を仮定し $V/E=1$ を最も適当な値であると推奨しているが、図-3の結果からもこの点に関してはさらに詳細な検討を行い、CFS試験をより確実な試験法とするために、垂直応力の増加速度に関して定量的な基準を見いだす必要があると思われる。

《参考文献》

- 1) A.Tisa, K.Kovari: Continuous failure state direct shear test, Rock Mechanics and Rock Engineering 17, pp 83-95, 1984.

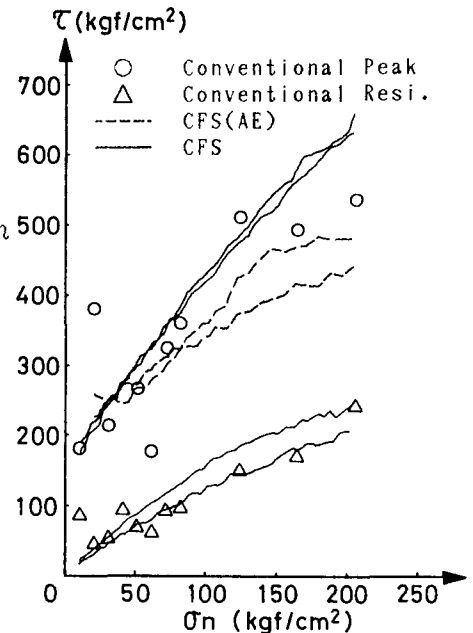


図-2 せん断応力-垂直応力図

表-1 粘着力 C と内部摩擦角 ϕ

	C (kgf/cm ²)	ϕ (°)	試験方法
最大せん断強度	198.5	60.9	Conventional試験
	209.6	53.9	CFS試験 (AE計測)
	174.3	67.6	CFS試験
残留せん断強度	14.5	46.3	Conventional試験
	20.4	47.3	CFS試験

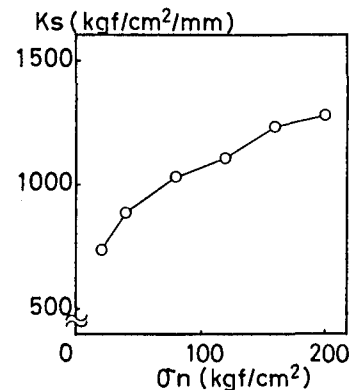


図-3 せん断剛性-垂直応力図