

岩盤不連続面のせん断強度のせん断速度依存性の実験的解明

長崎大学工学部 学生会員 千年俊介
 長崎大学大学院 学生会員 李 博
 長崎大学工学部 正会員 ○ 蔣 宇静
 長崎大学大学院 フェロー会員 棚橋由彦

1. はじめに

岩盤斜面や深部地下構造物の変形挙動・安定性は、岩盤内に存在する不連続面のせん断強度に強く依存し、自然界における岩盤不連続面の挙動特性は、剛性、せん断速度、垂直応力など多くの要素に影響されるため、これらすべてを考慮した理論的検討や原位置試験は困難である。したがって挙動特性は、境界条件が比較的自由に設定できる室内試験を行い評価する必要がある。本研究では地震動の影響などを考え、せん断挙動におけるせん断速度の依存性に着目し、様々な境界条件において人工模擬不連続面の一面せん断試験を行い、せん断速度が不連続面のせん断挙動に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目的とする。

2. 一面せん断試験概要

2.1 デジタル制御型一面せん断試験装置

今回使用するデジタル制御型一面せん断試験装置を図 - 1 に示す。試験装置の特徴として、コンピュータにより各境界条件を自動制御できること、せん断速度の設定・変更も容易であることが挙げられる。

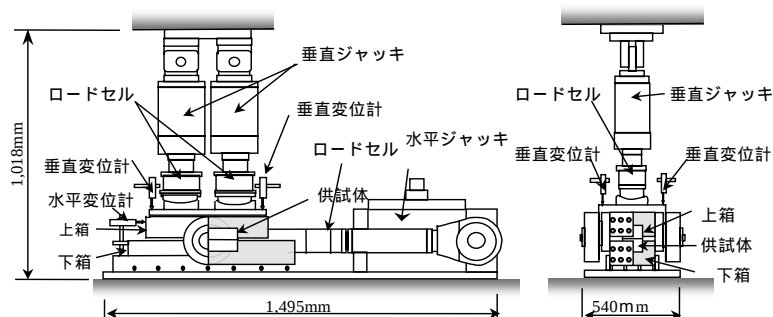


図 - 1 デジタル制御型一面せん断試験装置

2.2 岩盤不連続面模擬供試体の作成

模擬供試体の材料は、石膏、水、遅延剤を 1:0.2:0.005 の質量比で混合し 21 日養生させた。せん断において供試体の回転を抑制するため、形状をせん断方向長さ 20cm、幅 10cm、高さ 5cm とした。表面形状は不連続面の粗度を表す指標となる JRC=4~6 を用いた。

2.3 実験ケース

作成した供試体を用いて、表 - 1 に示すような初期垂直応力、垂直剛性値といった境界条件の設定を行い、せん断速度を 0.5、5、10、20、50mm/min と変化させた合計 12 ケースの一面せん断試験を行う。また、残留強度とせん断履歴の影響を考察するため、変位 20mm を往復するせん断を行い、引き続き同様のせん断を繰り返した。

表 - 1 実験ケース

せん断速度 (mm/min)	境界条件		
	CNL	CNS($k_n=3\text{GPa/m}$)	CNS($k_n=7\text{GPa/m}$)
	$\sigma_{no}=2\text{MPa}$	$\sigma_{no}=2\text{MPa}$	$\sigma_{no}=2\text{MPa}$
0.5,5,10,20,50	○	○	○
5,10,20,50	○	○	○
10,20,50	○	○	○
20,50	○	○	○

(k_n : 垂直剛性、 σ_{no} : 初期垂直応力)

3. 一面せん断試験結果と考察

せん断挙動に及ぼすせん断速度の影響を図 - 2 に示し、せん断速度とピークせん断強度の関係を図 - 3 に示す。また、くり返しせん断によるせん断速度の影響を図 - 4 に示す。図 - 2 について、垂直応力一定 (CNL) 制御では、せん断速度の増加によりピークせん断強度ならびに残留強度が大きくなる傾向を示したが、垂直剛性一定 (CNS) 制御では、せん断速度の変化に伴ったピークせん断強度の増加・ピーク後の残留強度の変化が顕著に現れなかった。

キーワード せん断速度、せん断強度、残留強度、不連続面

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部 TEL : 095-819-2618 FAX : 095-819-2627

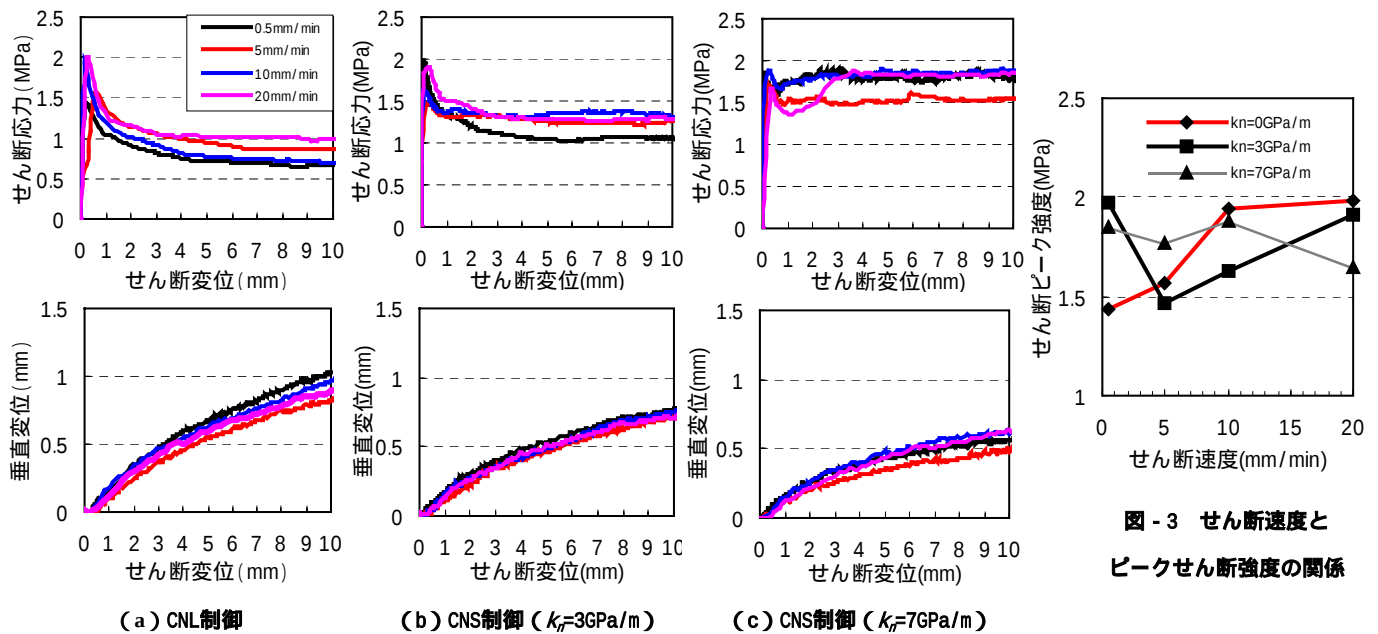


図 - 2 せん断挙動に及ぼすせん断速度の影響

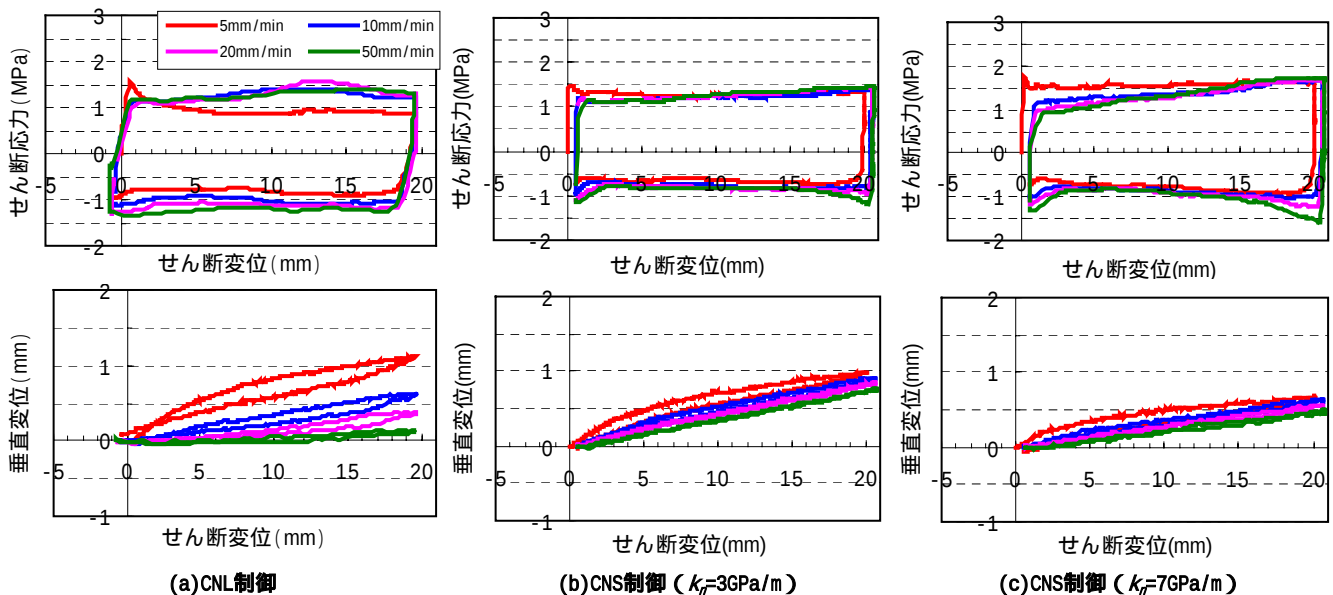


図 - 4 くり返しせん断によるせん断速度の影響 (せん断開始速度 5mm/min)

また、図 - 3 について、CNL 制御でピークせん断強度に増加傾向が見られたことから、CNL 制御における不連続面のせん断挙動はせん断速度に依存していると考えられる。図 - 4 について、CNL 制御ではせん断速度の変化に伴い残留強度に大きな差が生じ、ダイレーションも大きく影響を受けていることが分かる。これは、CNS 制御に比べて垂直応力が低く、一回のせん断で供試体表面の凹凸に当たる損傷が小さいため、ダイレーションが徐々に小さくなっていると考えられ、CNS 制御では、一回目のせん断で表面の凹凸が顕著に破壊され、供試体の表面形状が平坦化したことで、その後のせん断強度やダイレーションに同様の傾向が確認された。

5. おわりに

本研究では、CNL 制御における不連続面のせん断挙動およびくり返しせん断におけるせん断挙動は、せん断速度に大きく依存していることが明らかになった。以上の結果を踏まえ、今後は境界条件の影響やせん断速度を考慮した理論的モデルの構築を行っていく。

参考文献

- 1) 溝上 建, 蔣 宇静, 祐徳泰郎: 高性能不連続面せん断試験装置の開発, 第 31 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp.92-96, 2001.
- 2) Barton, N.: A relationship between joint roughness and joint shear strength, Proc. Int. Symp. Rock Mechanics, Nancy, ISRM, pp.1-8, 1971.