

加温条件でのラフネスを有する不連続面の Slide-Hold-Slide 試験

京都大学大学院工学研究科	学生会員	○	津田 直弥
京都大学工学研究科	正会員		矢野 隆夫
山口大学工学部	正会員		中島 伸一郎
愛媛大学理工学研究科	正会員		安原 英明
京都大学工学研究科	正会員		岸田 潔

1. はじめに

Kishida, et al¹⁾は、岩盤不連続面のせん断-保持-せん断(Slide-Hold-Slide)過程においても強度回復現象が発生することを確認している。これらの実験は、せん断-透水状態を一定拘束圧・常温で実施している。これに対し、本研究では、常温・加温それぞれの条件下で Slide-Hold-Slide 型一面せん断-透水実験(SHS 試験)を実施した。加温することで不連続面の接触部での化学反応が促進されることが期待される。本研究では、温度条件の差異が力学・水理学特性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 実験方法と条件

実験で用いたモルタル供試体は、1種類の自然ラフネスのゴム型により不連続面を作製し、水平断面が 80 mm (せん断・透水方向)×120 mm である。一軸圧縮強さは 39.0 MPa である。

本実験で用いた一面せん断試験装置の概略図を図 1 に示す。上流の貯留水槽とせん断箱の間にヒーターを設置することで、加温の透水を行えるように機能を付加した。また、不連続面内の水温を測定は、供試体の上・下流端に設置した温度計により実施した。

実験条件を表 1 に示す。垂直拘束圧は 1.0 MPa、せん断速度は 0.1 mm/min の条件下で実施した。温度条件については、Case-1 ではヒーターを使用せずに、常温での透水を行った。一方、Case-2 ではヒーターを 90℃に設定し、透水を行った。せん断変位の保持(SHS 過程)は、せん断過程の残留状態で実施し、保持時間は 60 秒から最大 5 日間で実験を行った。透水試験は水頭差 10 cm(動水勾配:1.25)の一定水位で、せん断変位保持中に複数回行うことで、保持中の透水性の変化を調べた。

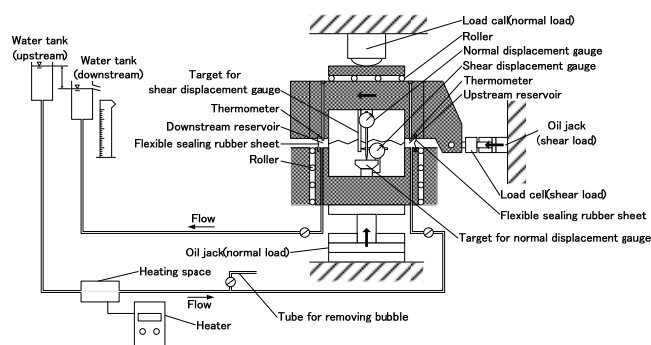


図 1 加温型一面せん断-透水試験装置の概略図

表 1 実験条件

ケース	透水条件	変位固定時間
Case-1	常温	60s, 120s, 180s, 300s, 420s,
Case-2	加温	900s, 1800s, 1h, 3h, 12h, 1d, 2d, 5d

3. 結果と考察

(1) せん断試験結果

図 2 に両ケースにおける変位固定付近のせん断変位-せん断応力関係を示す。両ケースともに変位固定後の再せん断時に元のせん断応力曲線を上回る明確なせん断応力がみられた。また、Case-2 において、せん断保持中に不連続面内の温度が変化することで、せん断応力およびせん断変位が変化することが確認された。図 3 にせん断保持中の一部拡大したせん断応力と温度の経時変化を示す。温度の増減とともに、せん断応力が増減していることが確認できる。同様にせん断変位も温度に依存して増減していることが確認された。これは、温度が変化することにより供試体自体が膨張・収縮していると考えられる。

せん断保持によって生じるせん断応力の回復量を評価するため、次式の Dieterich^{2)~4)}の示した対数線形モデルを用いて対数線形近似を行った。応力回復量

キーワード 岩盤不連続面, SHS 型せん断試験, 強度回復, 加温, 透水

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1 京都大学工学研究科都市社会工学専攻 TEL 075-383-3269

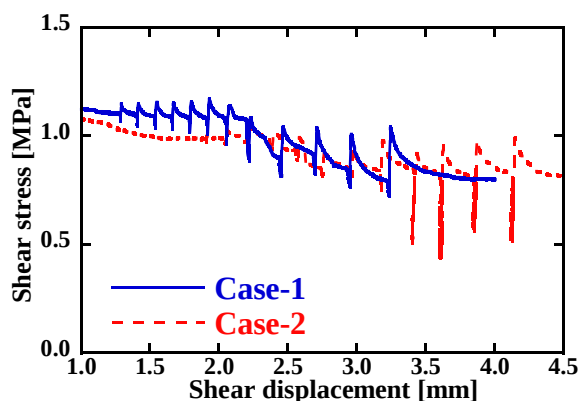


図2 SHS 過程せん断変位-せん断応力関係

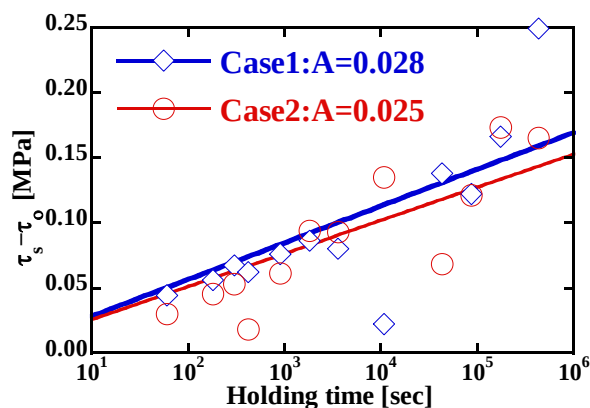
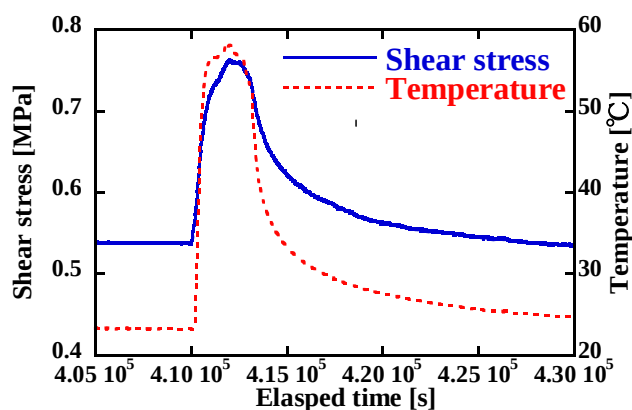
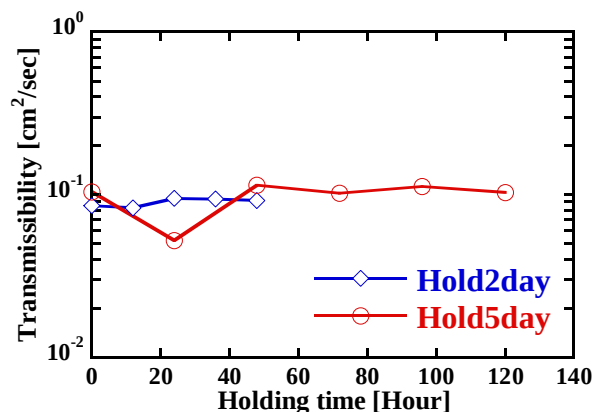


図4 保持時間-せん断応力回復関係図

図3 せん断保持中のせん断応力-経過時間
および温度-経過時間の関係(Case-2)図5 Case-2における2日間、5日間保持中の
透水量係数の経時変化

は再せん断時におけるピークせん断応力からせん断変位保持時直前のせん断応力の差で定義する。

$$\tau_s = \tau_0 + A \log_{10} t_h \quad (1)$$

ここで、 τ_s は再せん断時のせん断強度、 τ_0 はせん断停止時のせん断強度、 t_h はせん断停止時間、 A は定数である。図4に保持時間-せん断応力回復量関係を示す。加温と常温で多少の違いはあるものの、ほぼ同じ対数線形軸上に現れることが確認できる。

(2) 透水試験結果

図5にCase-2における2日間、および5日間せん断保持中の透水量係数の経時変化を示す。図5より、せん断変位保持中に透水量係数については、明瞭な変化は見られなかった。

なお、本実験で実施した透水試験は定水位透水試験であるため、本来は大気圧条件下で実施すべきであるが、Case-2において2日間、5日間保持で行ったケース以外は、大気圧条件下で実験を行っていない。このため、本研究においてはCase-1とCase-2を定量的に比較することはできないと考えられる。

4. まとめ

せん断保持中に加温することで、せん断応力が増加し、加温による影響があることが確認できた。また、せん断変位固定によるせん断強度回復値と保持時間の関係は、対数線形のモデルが適用できることが確認できた。いずれのケースもせん断強度回復値は、時間とともに増加することが確認された。一方、加温と常温による差異は明瞭に確認できず、対数線形関係の傾きはほぼ同じような値となった。

参考文献

- 1) Kishida, K., Kawaguchi, Y., Nakashima, S., Yasuhara, H.: *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, Vol. 48, pp.782-793, 2011
- 2) Dieterich, J.H.: *Journal of Geophysical Research*, Vol. 77, pp.3690-3697, 1972.
- 3) Dieterich, J.H.: *Pure Applied Geophysics*, Vol. 243, pp.283-302, 1994.
- 4) Dieterich, J.H.: *Journal of Geophysical Research*, Vol.84, No. B5, pp. 2161-2167, 1979.