

岩盤のスティック・スリップ現象に関する実験的研究

中電技術コンサルタント(株)	非会員	○高橋 裕徳
中電技術コンサルタント(株)	正会員	岩田 直樹
中電技術コンサルタント(株)	非会員	清田 亮二
中電技術コンサルタント(株)	非会員	足立 光
琉球大学	正会員	藍檀 オメル
琉球大学島嶼防災研究センター	正会員	渡嘉敷 直彦

1. はじめに

物体と物体の境界面において、せん断変形中に発生する応力の蓄積とすべりを繰り返す現象はスティック・スリップ現象と呼ばれ、周期的あるいは非周期的なすべりを示す。この現象は様々な分野で観察される現象であり、岩盤工学の分野においては、岩盤不連続面の様な境界面に見られる現象であるため、プレート境界面での地震挙動や地すべり問題を説明する上で重要な現象である。

このスティック・スリップ現象に関して、これまでに様々な研究がなされており、岩盤工学の分野においても地震が繰り返し発生する現象のメカニズムはスティック・スリップ現象により説明できると考えられ、種々の室内試験や理論的な定式化が行われている^{1), 2)}。

しかし、このスティック・スリップ現象については、理論的な解法に関する研究は多数報告されているが、実験結果に関する報告は未だ十分であるとは言えないのが現状である。そこで本研究では、スティック・スリップ現象に関する新たな実験機を作製し、供試体の表面形態、せん断速度、ばねの剛性を変えて実験を行い、結果を報告すると共に、これらの違いがスティック・スリップ現象に与える影響について考察を行うことを目的とする。

2. 実験機および実験概要

作成した実験機を図-1に示す。実験機はゴム製のコンベアーベルトと固定フレームからなり、コンベアーベルトの移動速度は自由に変わることができる。供試体は岩盤ブロック間の不連続面を模擬するため、下部ブロックと上部ブロックに分割し、下部ブロックはコンベアーベルトに、上部ブロックはバネを通して固定フレームに固定する。コンベアーベルトを作動させると、初期は下部ブロックと上部ブロックは共にばねが伸張する方向に移動するが、ある変位を超えると、上部ブロックに接続されたばねの復元力によりすべりが発生し、スティック・スリップ現象が再現できる。各実験においてスティック・スリップ時の上部ブロックに作用する力を計測するためバネと固定フレームの間にはロードセルを、上部ブロック・下部ブロックには加速度計を設置し、接触型変位計およびレーザー変位計により上部ブロック・下部ブロックの変位を計測した。

実験においては、花崗岩を供試体として用い、ベルト速度は $v=0.84\text{mm/s}$ 、上載荷重は 24.23N 、ばねの剛性は $k=1.0\text{N/mm}$ のケースを基本とした。また、ベルト速度、上載荷重、ばねの剛性による違いをそれぞれ検討するため、ベルト速度 $v=1.78\text{mm/s}$ 、上載荷重 34.23N 、ばねの剛性 $k=0.2\text{N/mm}$ としたケースについても実験を行った。

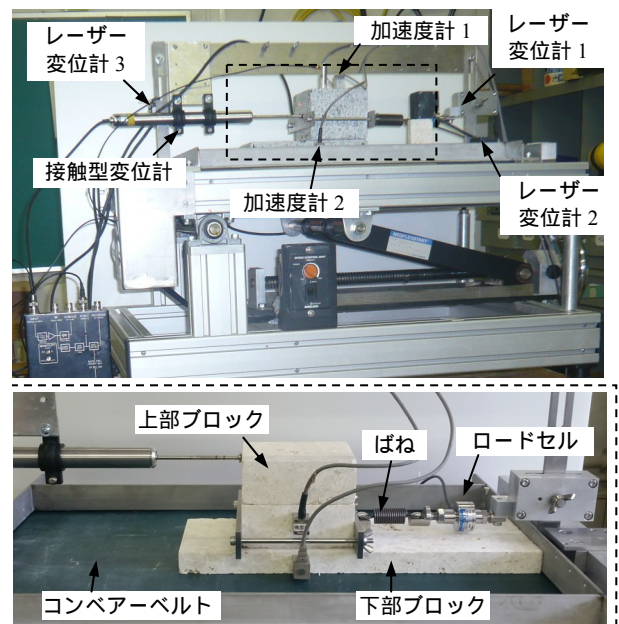


図-1 実験概要

キーワード スティック・スリップ、岩盤不連続面、せん断挙動

連絡先 〒734-8510 広島市南区出汐二丁目3番30号 中電技術コンサルタント株式会社 TEL 082-256-3416

3. 実験結果

図-2 に基本ケースにおける上部ブロックの荷重、加速度応答、接触型変位計で計測したすべり量を示す。応力の蓄積とすべりが繰り返し発生しており、ブロック境界面において、スティック・スリップ現象が確認された。すべりが発生する際に上部ブロックでは大きな加速度応答が発生し、加速度の大きさはすべり量に比例して大きくなる傾向がある。これは他のケースにおいても同様である。

図-3 にベルト速度を $v=1.78\text{mm/s}$ とした場合の実験結果を示す。図より、ベルト速度が速くなると、すべり周期が短くなり、すべり量が小さくなる傾向がある。しかし、基本ケースと同程度のすべり量が発生する際には加速度応答は同程度の値を示している。

図-4 に上載荷重を 34.23N とした場合の実験結果を示す。図より、上載荷重が増え、すべり周期が長くなることでより応力が蓄積され、すべり量・加速度応答が共に大きくなることからわかる。

図-5 にばねを $k=0.2\text{N/mm}$ とした場合の実験結果を示す。図より、ばねの剛性が小さくなると、基本ケースと比べて応力の蓄積度合いは少なくなるものの、すべり周期が長くなり、すべり量が著しく大きくなる。一方で、加速度応答は基本ケースと同程度の値となっている。このことから、加速度応答の大小には、すべり量だけではなく、ばねの剛性も影響を与えていることが考えられる。

4. おわりに

本研究ではスティック・スリップ現象に関する新たな実験機を作成し、様々な条件を変えて挙動の比較を行うことで、ベルト速度、上載荷重、ばねの剛性はスティック・スリップ現象におけるすべり周期、すべり量、加速度応答に影響を与えることがわかった。この結果から実際のプレート境界における地震挙動においても、地震発生場所による地震動の大きさ、断層の変位量、活動周期の違いを定性的に説明できると考えられる。

ただし、本研究では実験のサンプル数が少なく、供試体も花崗岩のみを用いている実験であるため、供試体の種類や供試体のバラツキによる影響などが把握できていない。今後、他岩種を用いた追加実験や、供試体表面の摩擦係数の違いについて追加実験を行う予定である。また、それらの実験の再現解析を行い、スティック・スリップ現象に関するモデルの提案を行いたい。

参考文献

- 1) Brace, W. F. and J. D. Byerlee : Stick-slip as a mechanism for earthquakes, Science, 153, pp.990-992, 1966
- 2) 太田良己・藍壇オメル：スティック・スリップ現象に関する実験のおよび解析的研究と地震学・地震工学的考察，東海大学紀要海洋学部「海 - 自然と文化」 第7巻第3号 53-67 頁（2009）

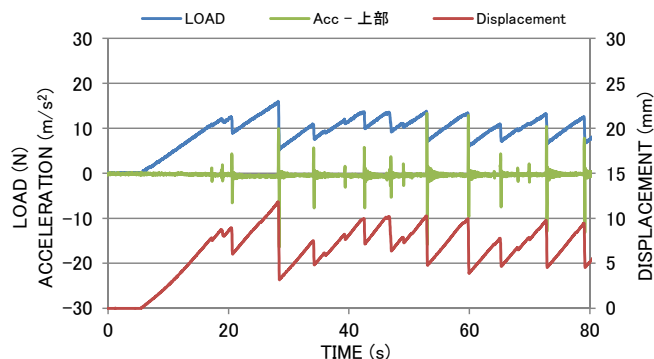


図-2 基本ケースの実験結果

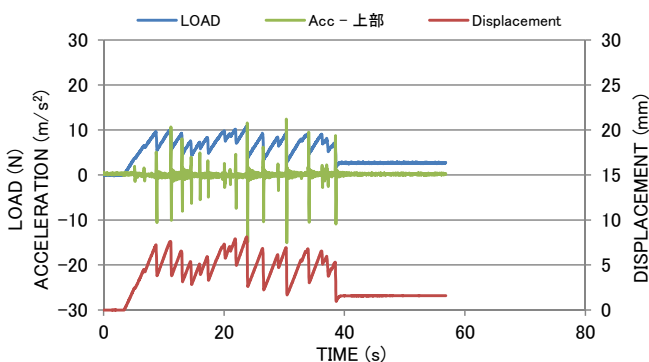


図-3 ベルト速度を $v=1.78\text{mm/s}$ としたケースの実験結果

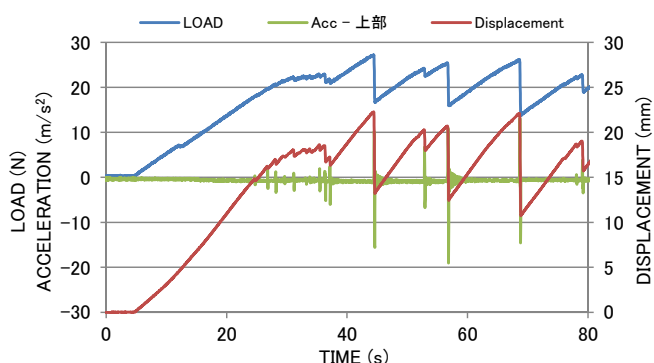


図-4 上載荷重を 34.23N としたケースの実験結果

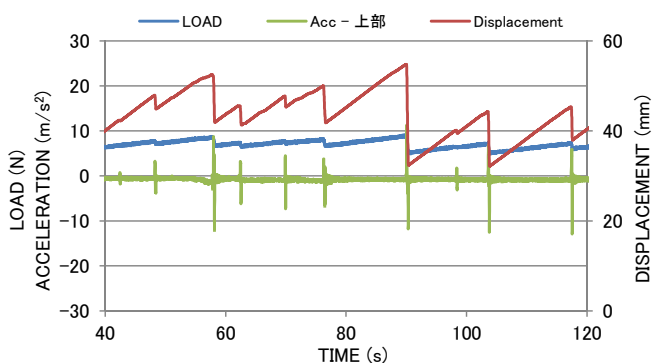


図-5 ばねの剛性を $k=0.2\text{N/mm}$ としたケースの実験結果