

大型二軸せん断実験時の透過弾性波計測について

#川方裕則^{1,2}・福山英一²・山下太²・徐世慶²・滝沢茂²・溝口一生^{3,2}

1)立命館大, 2)防災科研, 3)電中研

二軸せん断試験において、不安定すべりに先立って断層面を透過する弾性波の透過効率が変化すること(例えば, Yoshioka and Iwasa, 2006, Tectonophys.)や透過弾性波の振幅が摩擦パラメタと強い相関を持つこと(Nagata et al., 2008, GRL)などが報告されているが、透過効率、およびその周波数依存性と弾性波速度の両者が時空間的にどのように分布するかについては明らかにされていない。透過効率と弾性波速度の空間分布およびその時間変化を詳細に調べることは、不安定すべりの準備過程とすべり挙動との関係を明らかにするうえで非常に有益である。

防災科学技術研究所では、所有する大型振動台上に構築した大型二軸せん断試験機(Fukuyama et al, 2014, Rep. NIED)を用いて、上下に重ねたメートル・オーダーの変斑レイ岩ブロックの境界面を断層面とする不安定すべり試験がおこなわれており、本研究では、その際に断層面を透過させた弾性波の計測を実施した。一般的な弾性波計測の場合には、パルス電圧やステップ電圧を送信用の圧電素子に印加するが、本試験のような大型試料を用いる場合、高周波の減衰の影響を強く受けるために受信信号を十分に高い信号ノイズ比で検出することが極めて困難である。Kawakata et al. (2013, 6th Int. Symp. on In-Situ Rock Stress)では、同装置を用いたせん断試験時に共振周波数に近い60 kHzの連続正弦波を入力し、振幅と位相の変化をとらえることに成功したが、これは定在波的に試料内部に溜まった波を見ているため、振幅と位相変化の情報が、直達波線経路と断層の交点付近の断層面の状態を反映しているとは言い難いものであった。また、自然地震の環境を考慮すると、試料の寸法に依存した周波数を解析対象とするべきではない。

そこで本研究においては、上側ブロックの上面2か所に配置された送振子から5周期分のバースト的な正弦波を断続的に送信することとし、入力する正弦波の周波数は共振周波数から離れた183 kHzと167 kHzとした。各々4マイクロ秒間隔で互いに2マイクロ秒ずつずらしながら弾性波を放射させたが、送信用の増幅器出力が低く167 kHzの信号は弱い放射となった。受振子は下側ブロック内部24か所および側面32か所に設置され、その記録は増幅器を通したのちに20 Mspsで連続収録された。振動台の移動速度を0.01 mm/sとして8 mm移動させた試験(LB13-004)の記録を解析したところ、167 kHzの信号は限られた受振子でしか検出されずしかも不明瞭であったが、高出力の増幅器を通した183 kHzの信号は明瞭な孤立的な相として検出が可能な受信記録を得ることに成功した(図1)。

試験中およそ 15 秒間隔で音響を伴う動的すべりイベントが発生した。動的すべりイベント時には大振幅の AE が発生するため、スタックしても透過弾性波の信号を検出することはできないが、それ以外の時間帯においては、183 kHz の送信に対応する信号について、4 回程度のスタックで十分に高い S/N をもつ波形を取得することができた。この波形の位相と振幅の変化を調べたところ、イベント発生前のみならず、イベント発生に伴う変化さえも検出することはできなかつた(図2)。±0.1 μ 秒程度の時間精度で位相が推定できているが、スタック数を増やしたり、相関処理や位相検波などを併せておこなうにより、より高精度な推定をおこなうことができれば検出できるかもしれない。

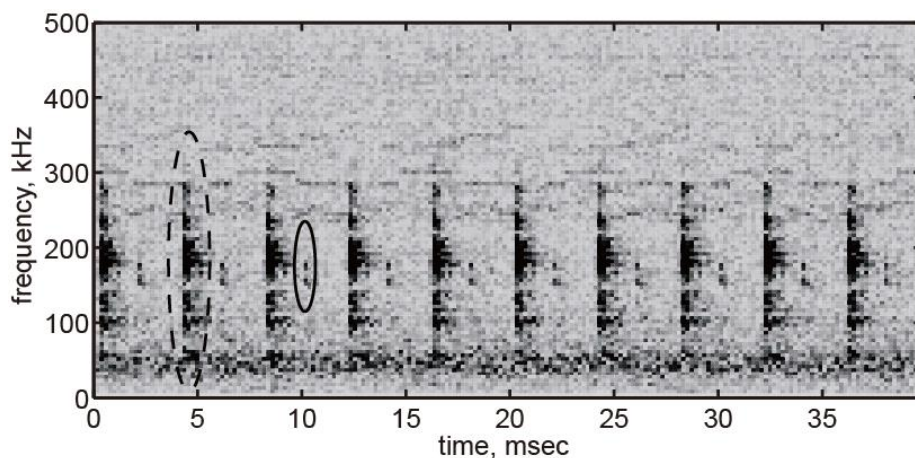


図1. 低速試験(LB13-004)の際に計測された透過弾性波記録のスペクトログラムの例(BM-S2-8)。波線楕円で示した明瞭な信号は 183 kHz の送信に対応し、実線楕円で示した不明瞭な信号は 167 kHz の送信に対応している。

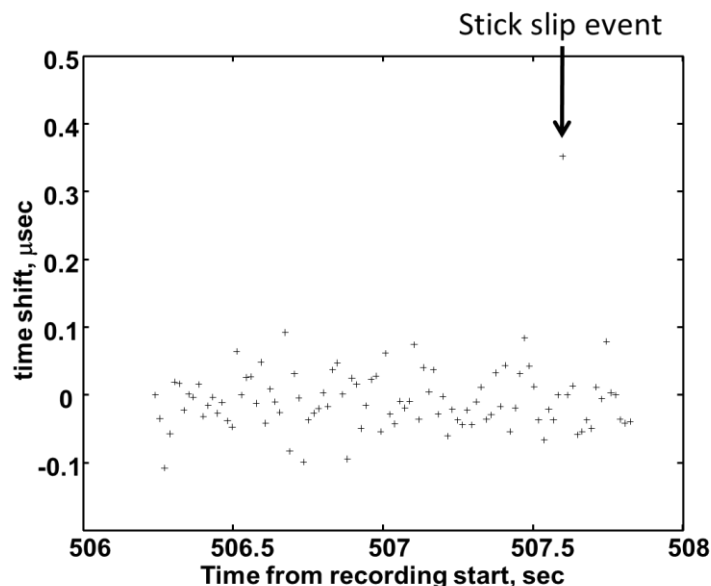


図2. 低速試験(LB13-004)の際に計測された透過弾性波記録から推定された 183 kHz の信号の時間ずれの時間変化。矢印は動的すべりイベントのタイミングを表している。

謝辞:本研究は、防災科研プロジェクト研究「地殻活動の観測予測技術開発」および JSPS 科研費(23340131) によっておこなわれたものである。