

## 花崗岩試料に透過させた弾性波の上下端面における反射波の同定

#今堀敦史・川方裕則・平野史朗(立命館大理工)・

吉光奈奈(東大地震研)・高橋直樹(三井住友建設)

### はじめに

実験室において、岩石の圧縮破壊に先行して弾性波速度が変化することが知られている(例えば、Lockner et al., 1977, JGR)。Yukutake (1992, JGR)では、弾性波トランスデューサを複数配置することにより、弾性波走時トモグラフィが行われたが、トランスデューサの数が多くないため、空間分解能は必ずしも高くない。今堀・他(2014, 地震学会)では、直径 50 mm, 高さ 100 mm の円筒形に加工された Westerly 花崗岩試料を用いて三軸圧縮試験を実施した。応力履歴は(図 1)に示すとおりである。試料の側面には、図 2 に示すように、1 箇所のみ 90 度間隔で残りが 45 度間隔となるような 7 箇所に受振用の広帯域弾性波トランスデューサを貼り付け、その際に各トランスデューサの高さが異なるようにした。そのうちの 1 箇所には弾性波の震源としての送振用圧電トランスデューサ(以後、送振子)を貼り付けた。この試験においてもトランスデューサの数は多くないが、Yoshimitsu et al. (2014, GRL) によって可能となった複数点での広帯域弾性波計測技術を利用することによって、良質の広帯域波形記録が得られ、いくつかの後続相についてもその到達の時間変化を追うことができるようになった。そこで、これらの後続相の走時について、波線幾何学的に計算した直達波・側面反射波・表面波の到達走時と比較したが、これらの走時では観測された後続相をうまく説明できなかった。そこで本研究では、まず試料内部における側面反射では観測走時を説明できなかったことについて考察し、新たに試料の上下端面における反射波の到達走時を計算した結果と比較し考察した。

### 側面反射の存在可否について

岩石試料において側面反射を考える際、試料の形状が角柱で試料内部を通る弾性波が側面の幅に対して十分に短波長であるならば側面反射波が存在する。しかし円筒形試料の場合には、円筒側面上の 2 点間における最小作用の原理を考えるとスネルの法則を満たす波線が存在せず側面反射波が明瞭な相としてあらわれないことがわかった。

### 解析・結果・考察

試料内部においてすべての波線は反射時以外に曲がらないものと仮定し、載荷開始時の直達相の走時から P 波速度は 5400 m/s と推定した。また  $V_p/V_s = \sqrt{3}$  とした。直達波と 3 回以内の上下端面における反射波の波線経路に対応する走時をすべて計算し、それらと載荷開始以降に集録された波形とを比較した(図 3)。以下、P,S はそれぞれ P 波・S 波を表し、数字は 0 が直達波、それ以降は反射回数を示し、最終反射点が上端面 (t)か下端面(b)かで分類表記する。P0 相の時刻歴を追うと 2000 秒までは走時が短くなり、それ以降は遅れが生じている。さらに他の後続相においても同様の傾向が見られる。図 3 から、P0 相の最大振幅を示すピークが初動到達から 5 マイクロ秒ほどの遅れを持つことから、22 マイクロ秒付近のピークが S1t に、40 マイクロ秒付近のピークが S1b にそれぞれ相当すると考えられる。このようにいくつか後続相の同定は可能であるものの、55~70 マイクロ秒の波形のように計算走時と観測波形のピ

ークが互いに対応しないケースが見られる。これらについては、表面波・変換波および弾性波速度の異  
方性についても考慮にいれて検討する必要があると考えられる。

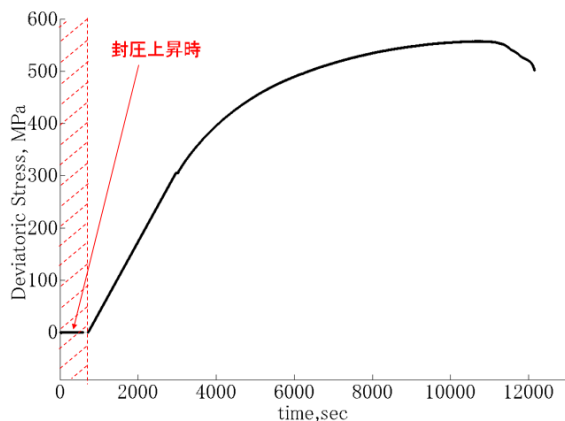


図1. 差応力の時間履歴

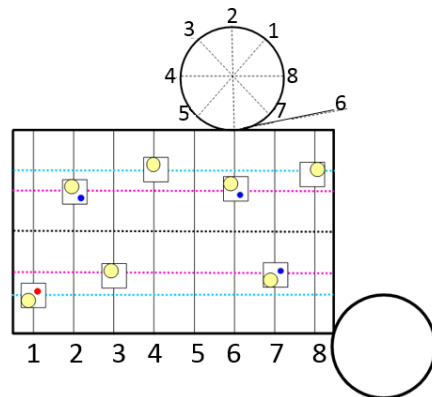


図2. 試料展開図を模式的に示したもの。試料  
側面に貼り付けたトランスデューサの位置を●  
と●、送振子を●で示す。●が広帯域弾性波  
トランスデューサに対応しており左から1~7番、  
●が受振用圧電トランスデューサに対応し左か  
ら8~10番とした。また、- - - が試料の軸方  
向中心であり、- - - から30 mmの位置を  
- - - ,20 mmの位置を- - - である

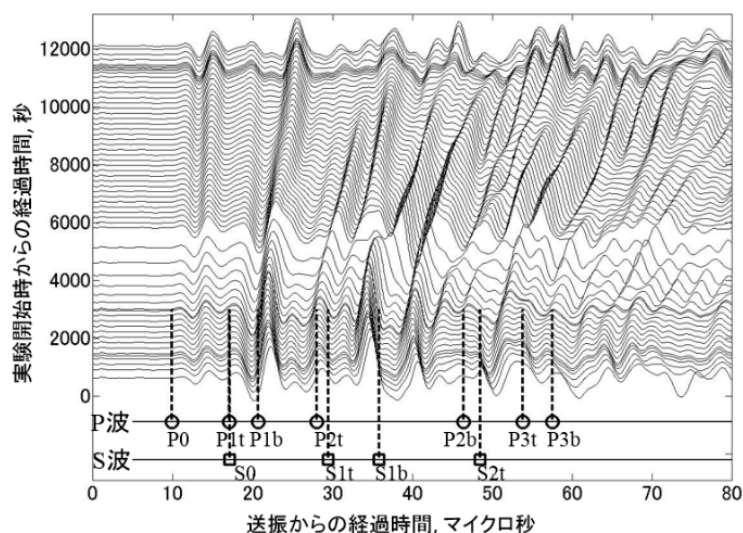


図3. 载荷開始直後からの波形記録の時刻歴。縦方向の点線は計算された直達波・反射波の計算走  
時を示す。また、○がP波、□がS波を表しており、P,SはそれぞれP波・S波を、それ以降は反射回数を示し、  
最終反射点が上端面(t)か下端面(b)かで分類表記している。