

氏 名	狐 崎 長 琅 きつね ざき ちょう ろう
学 位 の 種 類	理 学 博 士
学 位 記 番 号	論 理 博 第 380 号
学位授与の日付	昭 和 47 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Field-experimental study of shear waves and the related problems (S波およびこれに関連する諸問題についての野外実験的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 小 沢 泉 夫 教 授 吉 川 宗 治 教 授 三 木 晴 男

論 文 内 容 の 要 旨

1. 序 S波はP波と共に、地震波動論上もっともありふれた基本的な波動であるが、野外における人工的な震源においては、その発生も検出も殆ど不可能なものとされてきた。その発生と検出とが、人工地震の分野で常識化してきたのは、ここ数年来のことである。そして現在では広く土木工学や地震工学の分野での応用が注目されている。

申請者は、坑道内における比較的小さな発破の実験において、容易にS波が検出されることを発見し、この方面の研究の端緒をきり拓いた。本論文は、著者の最近の研究（特に未発表の）と基礎的諸問題との整理に重点をおきつつ、申請者の本件にかんする仕事を体系づけたものである。

2. 論文の構成 本論文では、S波の性質、検出と発生との問題をまず論じている。次にこれらを受けて、孔中におけるS波速度のくわしい測定の方法、つまり検層の方法を論じている。更にこれに関連し、直接的にS波を測る方法の外、他の物理量の測定にもとづいてS波速度を推定する間接検層法を提唱している。ここではその中で、比抵抗と tube-wave とについての実験結果を述べている。次に、実際の地層の速度特性の実測結果について論じている。即ち、礫層において実測された著しい異方性について考察し、また、粒状の土（砂や礫）や風化した花崗岩におけるS波とP波との速度の関係を半経験、半理論的に論じている。そして最後に、地震工学的見地から地盤のS波特性を把握するための諸問題について概観している。

3. 各項の内容と結論 検出(a) 申請者はS波の観測にとって本質的な問題は、発生法よりも検出法と考えている。実験技術上はこの面の確立に主力をそそいでいる。(b)媒質の回転はS波にとって本質的な性質であるが、野外でのこれの実用的観測は極めて困難である。3成分の受震器による振動方向の検出を主とし、更にボーリング孔中では体積変化類似の量の検出のためハイドロホンを補助的に併用する方法が実際的である。(c)岩盤での観測には、受震器の二次共振を避けるよう注意がいる。(d)確実な観測には受震器自体の設置を剛にすることと、設置場所の媒質の乱れを避けることが重要である。(e)表面波を避けてS波

の検出のために申請者は孔中固定式の受震器を開発した。これの正常な検出可能周波数域の高限は、受震器体に固有な波長によって与えられる。

発生 (a)従来の常識に反し、S波は発破を含む比較的簡単な震源においても、かなり容易に発生する。(b)この際の発破の効果は、基本的には、点震源系の組み合わせとして説明できる。S波を生む震源力の非対称性は、孔中の小発破では孔の存在自体による。(c)この考えによって、孔壁を電磁ハンマーで打つ型の検層用電源を試作し、その基本的な性質について実験して満足な結果を得た。

検層 (a)申請者の開発になる孔中固定式受震器と地表の電源との組み合わせは浅い場所でのS波検層に有効である。(b)孔中で実測される tube-wave の速度はS波速度に対して一定の割合を持つ。(c)孔周の泥水滲透域の比抵抗と泥水の比抵抗との比と地層のS波速度との間には、よい相関がある。

速度 (a)粒状地層のS波速度は間隙比と有効圧力による。検層の(c)の結果は間隙比とS波速度との関係に書き換えられる。(b)花崗岩中の風化に伴うP波速度とP波とS波の比との関係は一定である。(c)未固結土には時として強い異方性がある。しかし水が入ると異方性は減少する。

地盤のS波特性 地震時の地表振動を支配する地盤の深さは、建築物の超高層化その他を考慮すると、更に著しく（例えば 100 m 台）にまで深めて考えられるべきである。このため、S波速度を含む地盤特性の把握のためには、直接、間接のS波検層の併用を含む広い視野における総合的地域研究（応用地球物理、地質、水理などにわたる）が必要であると述べている。

論文審査の結果の要旨

S（よじれ）波は地震波の中の最も優勢な波で、地盤の中を伝わるS波の伝播速度、減衰などを知ることとはその地盤の強弱を知るために一番効果的なものである。従ってS波と地盤との関係は、現在の応用地球物理学の中心課題で、しかも難かしい問題でもある。申請者はS波と地盤との関係を長年月に亘って、非常に沢山の研究を行なってこの論文に集約している。申請者はS波は回転地震計で測定することができるものであるけれども、回転地震計は実用的ではなくて、孔井内に速度型地震計を設置して坑壁の振動速度を測定することによって、S波を検出する方法があり、この方法による方が効果的であろうと述べている。申請者はS波検出のために、坑中地震計を試作した。この試作にあたって、地盤の微細構造を研究する場合、地震計の高次の共振と地震計の設置方法が重要であることを指摘して、特に二次的共振が小さく、坑井内に地震計を固く設置させて、弱い接地により発生するノイズを少なくする圧力袋を持った、三成分を封じ込めた坑中地震計を試作して、綿密な坑井探査実験を行なって、S波の検出に優れた性能があることを明らかにし、また、以上に述べた優れた性能があることを明らかにし、また、以下に述べる優れた研究を行なった。

一方、S波の発生のメカニズムを述べ、S波を効果的に発生、受信する研究を行なって、たとえば浅い坑井を使うときは坑井の中に地震計を入れ、振動源としての爆発は地表で行なうのが効果的で、深い坑井を使うときは地震計群を坑井の中に入れ、且、少量の火薬を坑井の途中で爆発させるのが有効であることを確かめた。

また、坑井によって、P波からS波に、tube-wave がS波に変換するメカニズム、S波減衰のメカニズム

ム、振動源で発生する波の卓越周期の研究を行なって、この卓越周期は薬量には関係は少なく、S波の伝播速度によることを明らかにした。

電磁ハンマーをS波の振動源として試作して、坑中地震計と合わせて、坑井内でS波速度を求める研究を行ない、これにはハイドロホンの添用が効果があることを明らかにし、tube-wave とS波との比は一定であること、泥水滲透域の電気比抵抗と泥水の比抵抗との比と地層のS波速度との間には関数関係があることからS波の間接測定の可能性を見出した。

また、土の空隙率とS波速度、花崗岩の風化の程度を表わすP波とS波の比と、P波速度との関係式、地層内のS波速度の異方性のメカニズムなどS波と地盤との関係の優れた多くの研究を行なった。

参考論文では、坑中地震計、電磁型地震計、探鉱用地震計の特性試験、震源用のソレノイドハンマーなどの測定器に関する研究、高周波地震探鉱法、tube-wave による剛性検層法、土地質と地震探査との関係、孔中地震計によるS波速度分布の測定、花崗岩の風化とポアソン比との関係、変成岩地帯の異方性などの測定に関する研究、また、各地の地盤探査に関する研究など20数編に及ぶ膨大な優れた研究を発表し、本論の優秀さの裏付けを行なっている。このように、この論文は応用地球物理学の進歩に貢献する所が大きい。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。