

7 - 10 野島断層の透水率について Permeability of the Nojima Fault

地質調査所
Geological Survey of Japan

兵庫県南部地震の直後に野島平林において野島断層を地下において貫いた坑井において、断層破碎帯内部の浸透率構造を推定した。野島断層の中軸部の断層ガウジは約 100md 程度の透水率をもつこと、断層破碎帯内部の限られた部分が高い浸透率を持つことがわかった。

1．浸透率の推定方法

断層破碎帯の透水率を求めるためには、水理試験を行い直接に透水率を求める試みと、チューブ波あるいはストンレー波とよばれる坑井内に存在する特殊な波を解析し間接的に透水率を推定する方法がある。これらの方法は、坑井内を伝播する境界波の1つであるストンレー波を用いるものであり、坑井内の透水性ゾーン・透水性き裂の分布を連続的に検出・評価できるという利点を持つ。野島平林坑井においては断層破碎帯の透水率測定のためにハイドロフォン VSP および音波検層を行った。

2．ハイドロフォン VSP

坑井を横切る透水性き裂あるいは透水ゾーンに、震源から発生した P 波が入射したとき、き裂内から流体が出され、チューブ波が発生するというモデルにより、チューブ波が発生する深度より透水性き裂または透水ゾーンの深度を検出した。また、チューブ波と P 波の振幅比を用いて透水率や走向・傾斜角を求めた。

VSP記録から本坑井のいくつかの深度で初動P波から発生するチューブ波が確認され、これらの深度に透水性き裂または透水ゾーンが存在すると考えられる。断層ガウジが見られ断層中軸帯と判断される深度 624m 付近においても顕著なチューブ波の発生が見られる（第1図）。

モデルから求められた、チューブ波と P 波の振幅比、P 波の周波数及び透水ゾーンの透水率の関係を示す理論曲線を第2図に示す。第2図中にVSP記録から振幅比をプロットしている。理論曲線とVSPから求めた振幅比の比較から、深度 624m～635m 区間の透水率は 100md 程度と求められる。

3．ストンレー波の反射・減衰・スローネス解析

透水性き裂・透水ゾーンの存在はストンレー波の反射、減衰・速度の低下をもたらす。坑径・地層の変化もまたストンレー波の減衰・反射をもたらす。この影響を評価するため、坑径・P波速度・S波速度の測定値からき裂の影響を除いた理論波形を計算し、実波形と比較した。

第3図には断層中軸帯付近のストンレー波の波形を示す。深度 623.3m～625.1m 間の断層ガウジ付近では、623m 付近からの明瞭なストンレー波の上方進行波と断層ガウジ近傍でのストンレー

波の減衰が観察される。深度 623.3m ~ 625.1m 間の断層ガウジからの下方進行波は観察されない。下方進行波が観察されない理由は深度 623.3 m ~ 6 25.1m 間の断層ガウジでの減衰によるものと思われる。

第 4 図に坑径と岩相のP波速度・S波速度の測定値からき裂の影響を除いた理論計算による減衰・反射・スローネスと実測データを比較した。理論計算と実測値との差が浸透率の指標と考えられる。

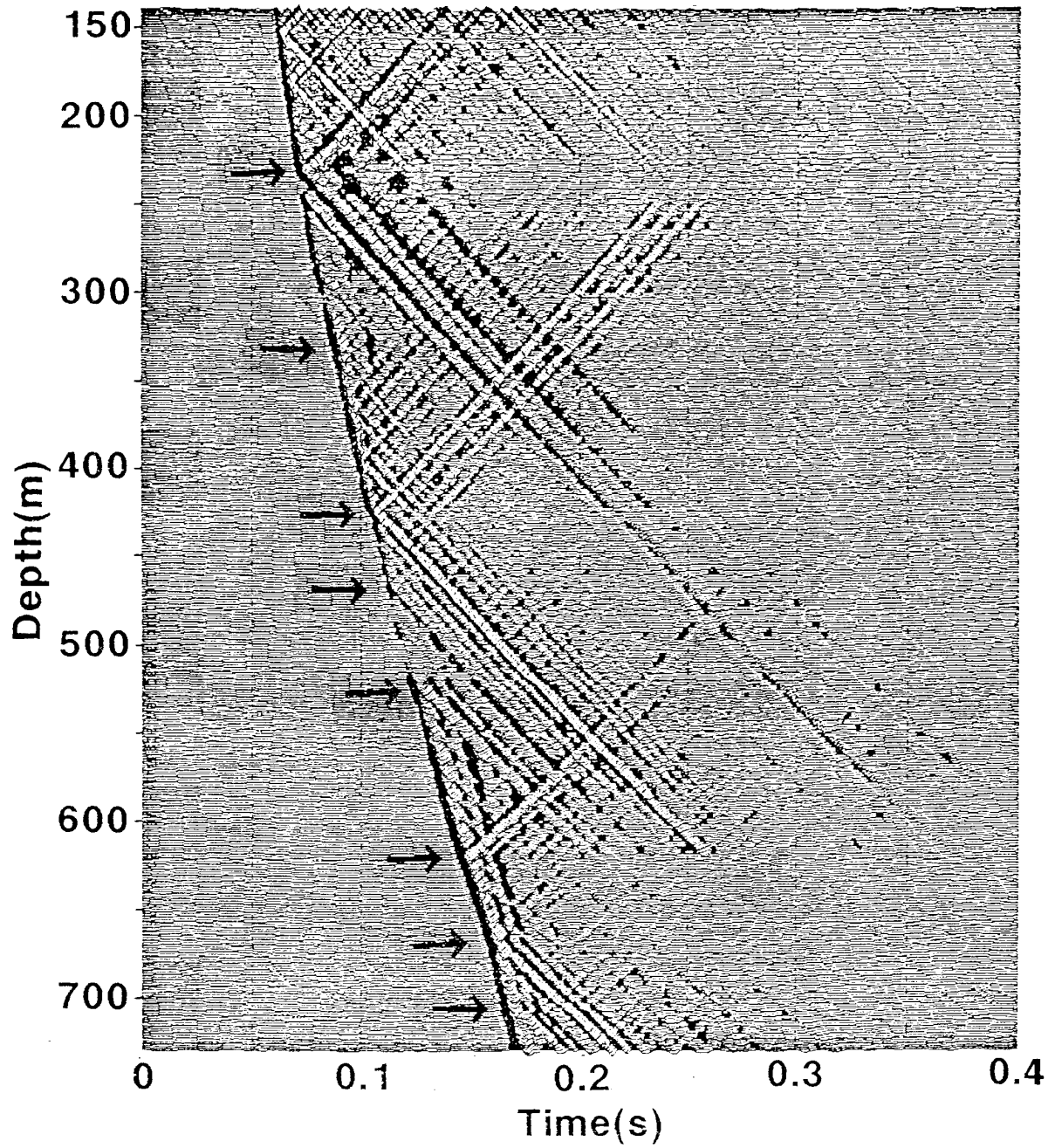
4 . 結果

深度 623.3m ~ 625.1m 間の断層ガウジ部分を含む深度 624m ~ 635m で顕著なチューブ波が観察され、透水係数は 100md 程度と推定される。またストーンレー波の反射・減衰・スローネス解析からは深度 623.3 m ~ 625.1 m間の断層ガウジ部分で顕著な減衰・スローネスの増加・反射が見られ、この部分が極めて透水性の高いことを示す。さらにその他透水性の高いゾーンが見いだされた。これらは深度 623.3m ~ 625.1m 間の断層ガウジ直上の断層角礫、深度 669.5m ~ 672.7m のカタクレーサイト、深度 525.5m ~ 525 .7m , 707.8m ~ 707.9m の断層ガウジ (第 5 図) に対応する。

Ohtake (1974)は松代群発地震の際の坑井への注水に伴う地震の時空分布から、断層の浸透率を 100md 程度と推定した。今回、深度 624m ~ 635m でのチューブ波から求めた 100md という透水係数は Ohtake (1974)と良い一致を示す。

(伊藤久男、桑原保人、木口 努)

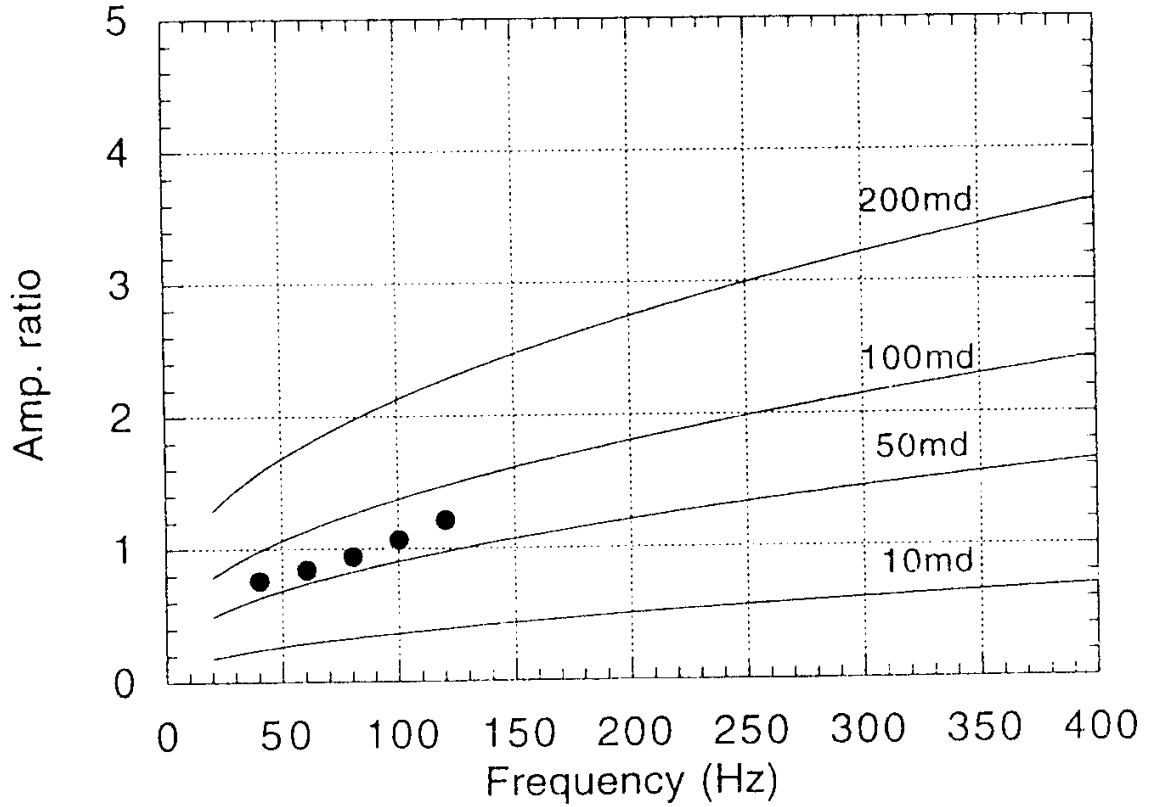
(b) SH-B



第1図 地質調査所野島平林坑井におけるチューブ波の発生深度（矢印で示す）

Fig. 1 Arrows indicate the depth of the dominant tube wave generation in the GSJ Nojima Hirabayashi borehole.

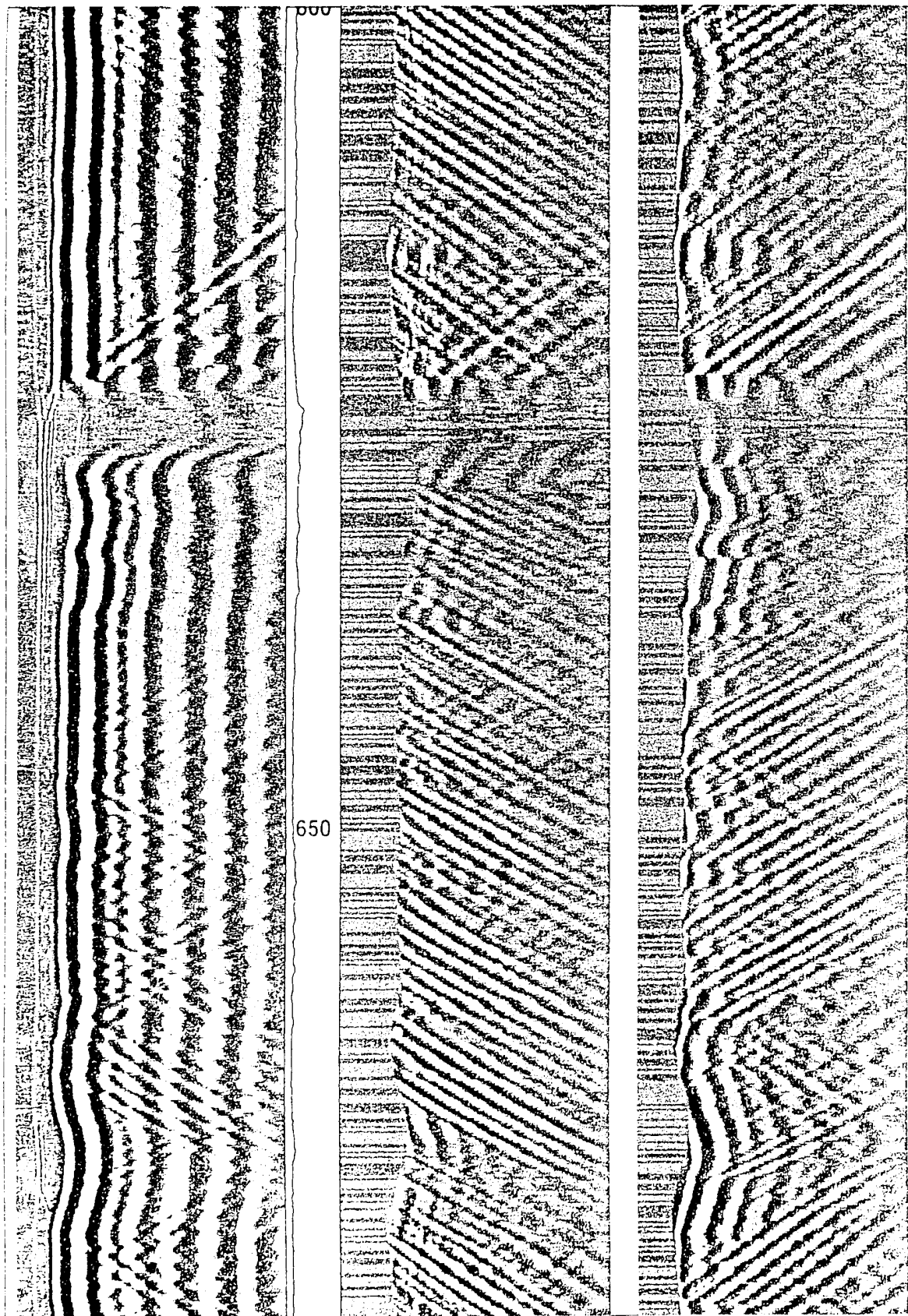
624 - 635 m SH-C



第2図 野島断層の断層ガウジ部分のチューブ波による浸透率の推定。

実線は理論計算、黒丸は実測値を示す。

Fig. 2 Comparison between theoretical curves of tube wave to P wave amplitude ratio as a function of frequency for several permeability values for the model by Li et al. (1994) and observed data (closed circles) at 624m-635m depth interval.

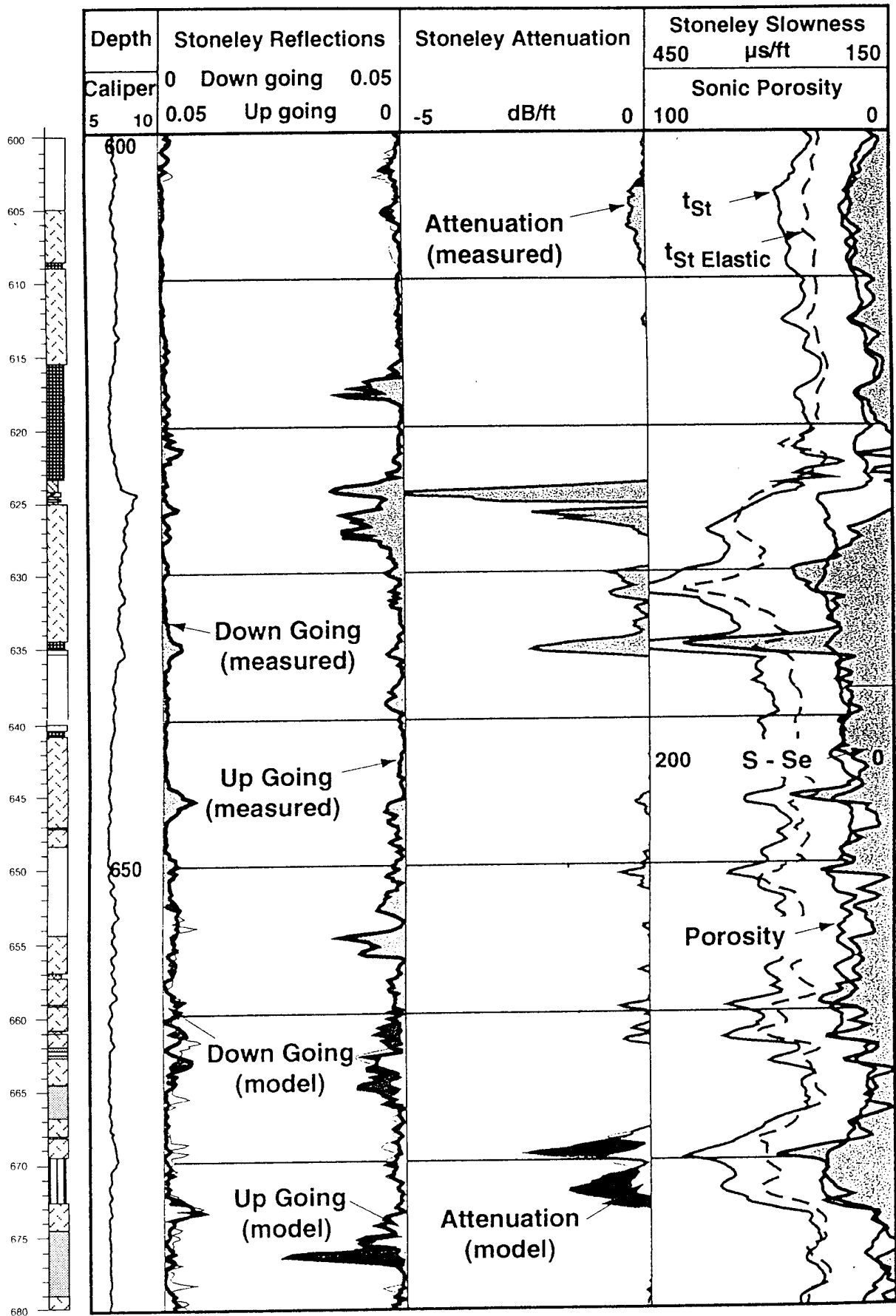


Original

Down going

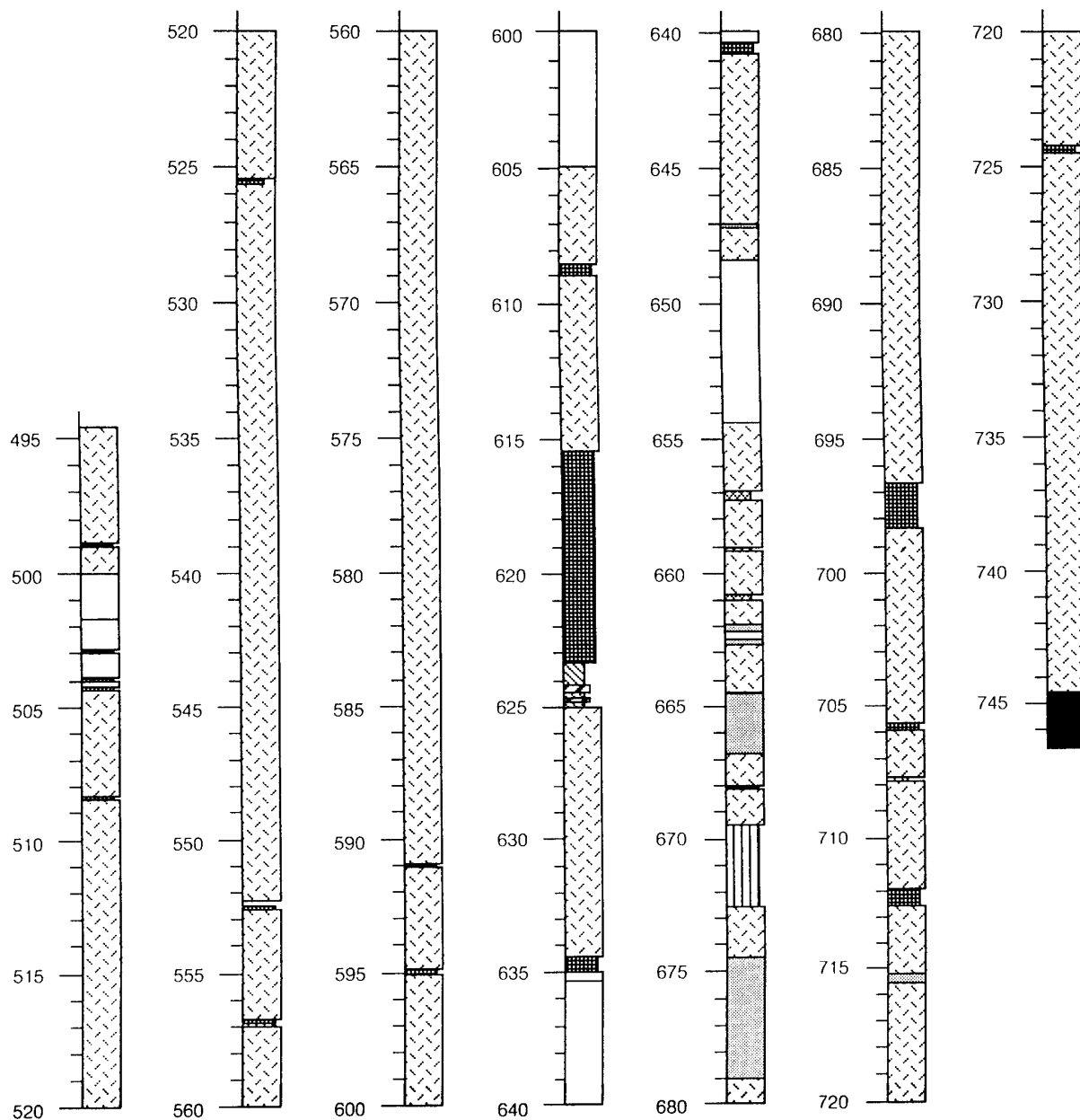
Up going

第3図 野島断層の断層ガウジ部分近傍のストーンレー波
 Fig. 3 Total, downgoing and upgoing Stoneley wave at the
 depth of the fault gouge of the Nojima fault.



第4図 野島断層の断層ガウジ部分近傍のストーンレー波の反射・減衰・スローネス

Fig. 4 Stoneley evaluation: upgoing and downgoing reflection coefficients, attenuation, and S-Se permeability indicator.



断層破碎帯周辺地質柱状図 (コア観察)
野島断層深層掘削 (地質調査所・平林地区)

observed by H. Tanaka, K. Fujimoto and T. Ohtani

- | | | | |
|--|---|--|---|
| | 1 | | 6 |
| | 2 | | 7 |
| | 3 | | 8 |
| | 4 | | 9 |
| | 5 | | |

- | | |
|-----------------|-------------------|
| 1 : 比較的新鮮な花崗閃緑岩 | 6 : 淡灰色／淡灰緑色断層ガウジ |
| 2 : 弱変形変質花崗閃緑岩 | 7 : 灰黒色断層ガウジ |
| 3 : カタクレーサイト | 8 : ひん岩 |
| 4 : 断層角レキ | 9 : トリコン掘削のためコア欠如 |
| 5 : 固結葉片状ガウジ | |

第 5 図 地質調査所野島平林坑井の断層破碎帯の地質柱状図

Fig. 5 The detailed geological structure of the main shear zone of the Nojima Hirabayashi borehole.