

III-521

原位置における正弦波圧力試験の適用

(財)電力中央研究所 正会員 田中靖治
 (財)電力中央研究所 正会員 本島 勲

1. はじめに

近年、LPGや石油の地下貯蔵、放射性廃棄物の地層処分、圧縮空気の地下貯蔵等、地下に大規模な土木構造物を建設することが注目されている。これら地下構造物の立地選定、建設ならびに環境への影響評価にあたっては、岩盤の水理特性の把握が極めて重要な問題となる。しかし、従来より一般に実施されてきたルジオン試験等の単一孔による透水試験では、得られる透水係数等の物性値が試験位置を含むどの程度の大きさの岩盤の物性を表わしているのか明確でなく、特に、不均一性の著しい岩盤のボーリング孔間の物性分布の推定には適当とは言いがたい。そこで、本研究では正弦波圧力試験により花崗岩サイトにおいてボーリング孔間の水理特性の分布を推定することを試みた。

2. 正弦波圧力試験の概要

正弦波圧力試験とは、複数のボーリング孔を用いた透水試験であり、1本のボーリング孔内で発生させた正弦波状の水圧変化に対する応答を他のボーリング孔で計測する試験である(図-1)。発信される正弦波と受信される正弦波とは、間に地盤・岩盤が介在することにより振幅および位相は当然異なったものとなる。岩盤が水理学的に均質かつ等方的であり、水圧に対し弾性変形すると仮定すると、岩盤の透水係数kおよび比貯留率 S_s は、以下の式により求めることができる(Black, J.H., *et al*¹⁾より誘導)。

$$k = \frac{Q_0}{4\pi Ar} \cdot \exp(-\omega t_{lag}) \dots\dots (1), \quad S_s = 2k\omega \cdot \left(\frac{t_{lag}}{r}\right)^2 \dots\dots (2)$$

ここで、 Q_0 : 注入流量の振幅、A : 発信圧力の振幅

r : 発・受信間距離、 ω : 注入流量の角周波数

t_{lag} : 位相差

一般に行われているジオトモグラフィーと同様に、多数の発信・受信区間を設けることにより、ボーリング孔間の透水係数および比貯留率の分布を求めることが可能となる。

3. 試験方法および結果

(1)試験サイトの概要

試験サイトは海岸線から数十メートル入った所に位置しており、深さ60mの3本の鉛直ボーリング孔が直線上に30mの間隔で掘削されている。試験サイト付近の地質は領家花崗岩類に属し、別途実施されたルジオン試験により透水係数の対数平均値として 5.7×10^{-6} cm/secという値が得られている。

(2)試験方法

中央のボーリング孔を発信孔とし、他の2孔を受信孔とした。発信、受信は、各孔のG.L.-15~-55m間をバッカーで5m毎の区間に区切って行った。1回の試験では、発信は1区間で行い、受信は各孔4区間づつの計8区間で行った。ポンプ能力による制限(最大注入流量60リットル/分)により、発信圧力の振幅は発信位置近傍の透水係数に応じて $0.5 \sim 3.0$ kgf/cm²の範囲で適当な値を選択した。また、受信孔においては自然状態で潮位の影響により $0.015 \sim 0.088$ kgf/cm²の間隙水圧の変動が計測された。そこで、受信圧力からの潮位による影響の除去を容易にするため、発信した正弦波圧力の周期は原則的に15分(一部の試験では10分)、30分の2種類とし、各々3周期分の発信・受信データを取得した。注入流量および潮位の計測も実施した。

(3)試験結果

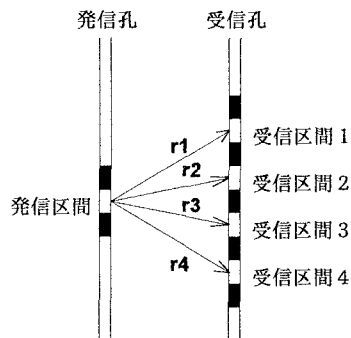


図-1 正弦波圧力試験の概念

今回の試験では、全測線数128のうち41の測線で受信圧力に正弦波状の反応が確認された。受信された正弦波状圧力の減衰率と位相差から、反応の確認された測線上の透水係数および比貯留率を式(1)および(2)により求めた。得られた透水係数の値は $5.50 \times 10^{-6} \sim 6.90 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ の範囲に分布しており、対数平均値は $5.29 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ であった。

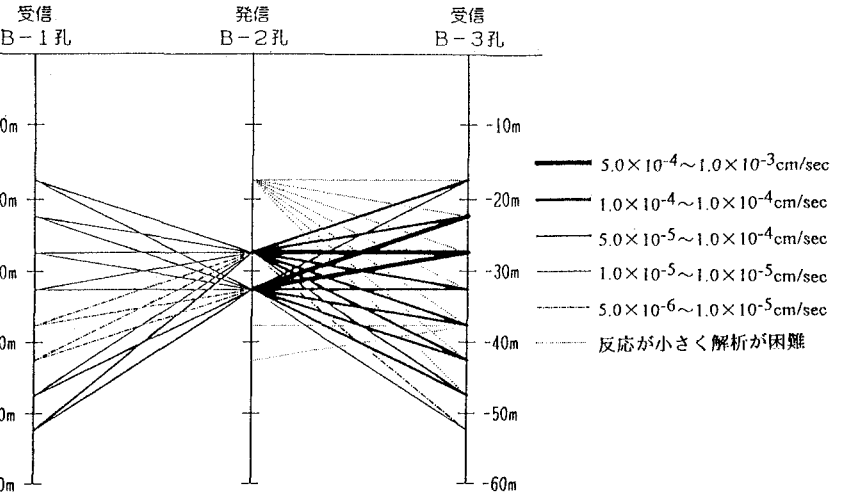


図-2 透水係数の分布

一方、比貯留率の値は $1.9 \times 10^{-7} \sim 6.4 \times 10^{-6} \text{m}^{-1}$ の範囲に分布しており、対数平均値は $1.3 \times 10^{-6} \text{m}^{-1}$ であった。各測線上の透水係数を図-2に示す。今回良好な透水性が認められた部分は、コア観察およびBTV観察によりシャープで連続性が認められる開口性の系統的割れ目帯が分布している領域と一致しており、これらの割れ目と透水性との関連が示唆された。図-3には、周期30分の正弦波の試験と周期15分の試験のそれぞれから得られた同一測線上の透水係数の比較を示す。両者の値は比較的良く一致している。また、比貯留率に関しては、周期15分の試験により得られた値は、同一測線上で周期30分の試験により得られた値の

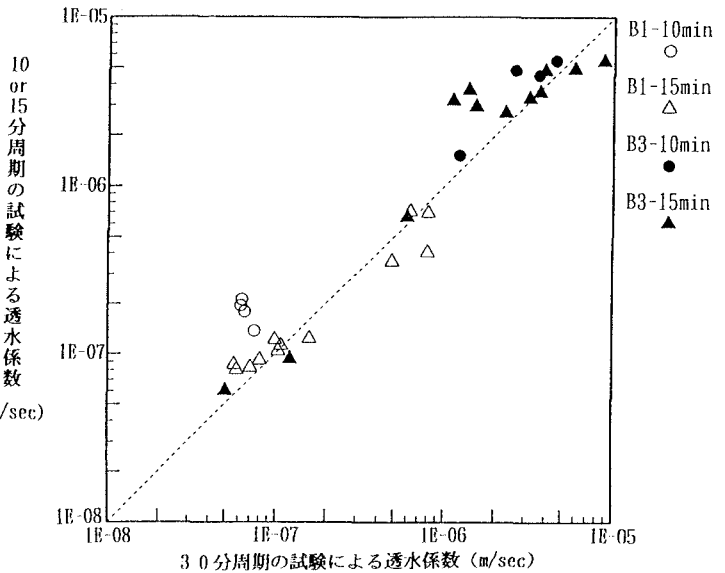


図-3 試験周期と透水係数の関係

0.27~1.09倍、平均で0.66倍であったが、回復法による単孔式の透水試験で標準曲線とのマッチングにより比貯留率を求める方法に比べて非常に精度が高い結果と言える。

4. 結論

花崗岩サイトに正弦波圧力伝播試験を適用したところ、発・受信孔間が30mも離れているにもかかわらず比較的多くの測線上で水理特性を推定することができた。今後は、様々な現場に本試験を適用するとともに、より多くの測線で反応が得られるよう装置を工夫する予定である。

<参考文献>

- 1) Black, J.H. and Kipp, K.L.Jr. : Determination of Hydrogeological Parameters Using Sinusoidal Pressure Tests, Water Resources Research, Vol.17, No.3, pp.686-692, 1981.