

III-73

正弦波圧力試験の原位置への適用に関する一考察

(財)電力中央研究所 正会員 本島 勲

(財)電力中央研究所 正会員 猪原 芳樹

(財)電力中央研究所 正会員 田中 靖治

1 はじめに

岩盤の透水性はその割れ目・不連続面に依存し、異方性とともな貯溜性を有する。今日、岩盤の透水試験として広く用いられているLugeon試験などではその試験領域は試験孔の極近傍に限られる。さらに、岩盤の貯溜性を評価する試験装置や方法は未だ研究的な段階にあり計測例もほとんど例を見ない。

そこで、正弦波圧力試験を用いた新しい透水試験法と試験装置の開発（嶋・跡、1993 跡）実施してきた。ここでは、正弦波圧力試験の原位置への適用に関連して2・3の理論的な考察を行う。

2 正弦波圧力試験法

正弦波圧力試験（J. H. Black, K. L. Kipp, 1981）とは、水圧の変化に対する透水層の弾性変形を考慮した Darcy則に従う非定常浸透流を考え、複数のBoring孔の1孔より正弦波圧力を発信した時、他孔で圧力の減衰および位相差を計測し、その結果を用い透水係数と水頭拡散率、貯溜係数を求めるものである。

圧力の減衰および位相差と水頭拡散率、透水係数との関係は次式（嶋・跡、1994）により与えられる。

[圧力の減衰]

点圧力源の場合

$$\frac{H_r}{H_0} = \frac{r_0}{r} = \exp \left[(r_0 - r) \left(\frac{\omega}{2\kappa} \right)^{1/2} \right] \quad \dots\dots\dots (1)$$

線圧力源の場合

$$\frac{H_r}{H_0} = \frac{N_0 \left[r \left(\frac{\omega}{\kappa} \right)^{1/2} \right]}{N_0 \left[r_0 \left(\frac{\omega}{\kappa} \right)^{1/2} \right]} \quad \dots\dots\dots (2)$$

[位相差]

点圧力源の場合

$$\Phi = -r \left[\left(\frac{\omega}{2\kappa} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (3)$$

線圧力源の場合

$$\Phi = \Phi_0 \left[r_0 \left(\frac{\omega}{\kappa} \right)^{1/2} \right] \quad \dots\dots\dots (4)$$

[透水係数]

点圧力源の場合

$$k = \frac{Q_0}{4\pi H_r r} \exp \left[r \left(\frac{\omega}{2\kappa} \right)^{1/2} \right] \quad \dots\dots\dots (5)$$

線圧力源の場合

$$K = \frac{Q_0}{2\pi H_r L} N_0 \left[r \left(\frac{\omega}{\kappa} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 H_0 : 正弦波圧力水頭の振幅 [L] κ : 水頭拡散率(k/Ss) [$L^2 T^{-1}$]
 Q_0 : 正弦波注入流量の振幅 [$L^3 T^{-1}$] Ss : 比貯溜係数 [L^{-1}]
 ω : 正弦波圧力の角速度 [L^{-1}] N_0 : Kelvin関数の振幅
 L : 試験区間長 [L] Φ_0 : Kelvin関数の位相角
 k : 透水係数 [$L T^{-1}$]

3 原位置試験への適用に関する考察

原位置試験への適用について上式をもとに理論的な考察を行った結論を以下に示す。

点圧力源の場合、 $r_0 (\omega/2\kappa)^{1/2}$ の値、すなわち、正弦波圧力の周期または水頭拡散率が大きくなると圧力の減衰は r_0 / r に収斂し、その値は孔間隔が大きくなると極めて小さくなる（式 1）。例えば、孔径 66mm 孔間隔 10 m で圧力の減衰は 0.0033 に収斂することとなる。一方、この場合の位相差も小さくなるが、周期または水頭拡散率が小さくなると「線圧力源」の値に収斂（式 3）する。したがって、「点圧力源」では、圧力の減衰よりは位相差を用いる方が精度の高い解析が期待できるものと考えられる。

線圧力源の場合、 $r_0 (\omega/\kappa)^{1/2}$ の値、すなわち、正弦波圧力の周期または水頭拡散率が大きくなると、その値の変化に対する圧力の減衰または位相差の変化に対する割合は極めて小さくなる。また、 $r_0 (\omega/\kappa)^{1/2}$ の値が極めて小さい場合も同様な傾向を示す（式 2、4）。 $r_0 (\omega/\kappa)^{1/2}$ の値が 0.01~1.0 で変化の割合は比較的大きくなり、精度の高い解析が期待できるものと考えられる。具体的には、水頭拡散率が 100~10,000 cm^2/s では計測効率をも考慮して正弦波圧力の周期は 1,000秒程度とすることが適当と考えられる。さらに、水頭拡散率が極めて小さく圧力の減衰が大きい場合には、周期を極めて大きくする必要がある。この様な条件で計測された結果は圧力の減衰、位相差ともに同程度の精度で解析が可能と考えられる。

一般に、「点圧力源」では、孔間隔に対して孔径を無減少にする必要があり、圧力の減衰はもとより位相差も極端に小さくなり測定・解析精度は低下することとなる。したがって、解析精度さらには岩盤を岩体としてとらえることを考慮すれば「線圧力源」によることが有利と考えられる。

[参考文献]

- 本島・打田・熊原(1993) : 亀裂性岩盤の正弦波圧力試験による透水性の評価、土木学会第48回年次学術講演会
 本島・打田・熊原(1994) : 正弦波圧力試験による岩盤の地下水量パラメータの評価、第9回岩盤の力学国内シンポジウム講演論文集, p199-p204
 J. H. Black, K. L. Kipp(1981) : Determination of Hydrogeological Parameters Using Sinusoidal Pressure Tests: A Theoretical Appraisal., Water Res. Res., 17-3 p686-p692