

III-520

亀裂性岩盤の正弦波圧力試験による透水性の評価法

電 中 研 本 島 勲
 関西電力 打 田 靖 夫
 電 中 研 猪 原 芳 樹

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、特に、亀裂性岩盤では異方性を有するとともに貯溜性を有する。今日、岩盤の透水試験として広く用いられている単孔による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、岩盤の貯溜性を評価する試験装置や方法は未だ未確立な課題でその計測例もほとんど例を見ない。ここではCross-Holeを用いた正弦波圧力試験（J. H. Black, et al., 1981）を応用した新しい透水試験法と試験装置の考察およびその適用例を示す。

2 正弦波圧力試験による透水 Parameterの算出

今、水圧の変化に対する透水層の弾性変形を考慮した Darcy則に従う非定常水平放射流を考え、Boring孔より正弦波圧力を発信した時 r 離れた箇所の圧力 H_r に関する(1) 式を導く。

$$H_r = \frac{Q_0}{2\pi K L} N_0 [\xi_r] \text{Exp} [i(\omega t + \Phi_0 [\xi_r])] \quad \dots\dots\dots (1)$$

圧力の減衰 H_r/H_0 または位相差 Φ は式(2), (3) となり、水頭拡散率 $\kappa = K/Ss$ が求まる。

圧力の減衰

$$\frac{H_r}{H_0} = \frac{N_0 [\xi_r]}{N_0 [\xi_0]} \quad \dots\dots\dots (2)$$

位相差

$$\Phi = \Phi_0 [\xi_r] \quad \dots\dots\dots (3)$$

さらに、透水係数 K に関する式 (4) が導かれ、 K とともに κ より比貯溜係数 Ss が求まる。

$$K = \frac{Q_0}{2\pi H_r L} N_0 [\xi_r] \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 H_0 : 正弦波圧力水頭の振幅 $[L]$ N_0 : Kelvin関数の振幅
 Q_0 : 正弦波注入流量の振幅 $[L^3 T^{-1}]$ Φ_0 : Kelvin関数の位相角
 ω : 正弦波圧力の周波数 $[L^{-1}]$
 L : 試験区間長 $[L]$

$$\xi_r = r \left(\frac{\omega}{\kappa} \right)^{1/2} \quad \xi_0 = r_0 \left(\frac{\omega}{\kappa} \right)^{1/2} \quad \dots\dots\dots (5)$$

3 原位置試験装置の特徴

下記条件を配慮し正弦波圧力試験装置を試作・開発した。

- 1) 低透水性岩盤では微流量計、高透水では大容量のPumpと流量計が必要になる。本装置での最大Pump容量は 60 ℓ /min、流量測定範囲は 0.5cc/min~100 ℓ /minである。
- 2) 正弦波状の圧力発生装置が必要である。本装置では正弦波圧力信号（PC）と発信孔での圧力Sensorの信号とをFeed back することにより正弦波圧力発生装置の圧力Pumpを制御している。この場合、高精度の圧力Sensorが必要となる。

4 原位置試験への適用

以下に原位置での適用例を示す。試験箇所は割れ目の発達した中生代の流紋岩質凝灰岩とXenolith状の泥質岩が分布する。試験孔は発、受信孔ともに長さ 30 m、孔間隔 4.7mで、孔内水位はほぼGL-10 mに位置し、この水位以下を試験対象とした。解析結果の一例を示す。

Table-1 Permeability, Hydraulic diffusivity and Specific storage.
—Results of sinusoidal pressure test (B0-B2) —

Testing section m	Permeability K cm/s	Hydraulic Diffusivity κ cm ² /s	Specific Storage Ss 1/cm
m (Length)			
25.0-30.0 (5.0m)	3.9×10^{-4}	8.4×10^6	4.8×10^{-11}
20.0-30.0 (10.0m)	3.6×10^{-4}	4.3×10^5	8.3×10^{-10}
15.0-30.0 (15.0m)	3.2×10^{-4}	1.6×10^6	2.1×10^{-10}
10.0-30.0 (20.0m)	4.1×10^{-4}	2.6×10^7	1.7×10^{-11}

Table-2 Conversion permeability in each 5m section

Section m	Conversion Permeability cm/s	Permeability (By single hole test) B0 hole cm/s	B2 hole cm/s
m			
27.5-30.0	3.9×10^{-4}	5.4×10^{-4}	1.4×10^{-4}
25.0-27.5		7.1×10^{-4}	2.7×10^{-4}
22.5-25.0		4.6×10^{-4}	0.3×10^{-4}
20.0-22.5	3.3×10^{-4}	4.7×10^{-4}	9.4×10^{-4}
17.5-20.0		1.6×10^{-4}	6.5×10^{-4}
15.0-17.5		1.7×10^{-4}	3.1×10^{-4}
12.5-15.0	6.8×10^{-4}	2.7×10^{-4}	9.3×10^{-4}
10.0-12.5		3.1×10^{-4}	8.8×10^{-4}

参考文献 J. H. Black, K. L. Kipp (1981) : Determination of Hydrogeological Parameters Using Sinusoidal Pressure Tests: A Theoretical Appraisal., Water Res. Res., 17-3