

Ⅲ - A252

非整数次元による原位置孔間透水試験結果の評価

鹿島建設技術研究所 正会員 小渕 考晃
 同上 正会員 渥美 博行
 同上 正会員 宮嶋 保幸

1. はじめに

実用されている原位置岩盤透水試験は多孔均質な連続体を前提としており、試験中の浸透現象に対する解析モデルの適性は保証されていない。ここでは、正弦波状圧力伝播の観測に基づくサイナソイダル孔間透水試験に、Barkerにより提案された非整数次元を含む generalized radial flow モデルを取り入れた解析を実施し、孔間の水みち分布を定量的に表す次元数と水理特性値の評価を試みた。

2. 試験概要

原位置試験は、砂岩および泥岩互層中の調査横坑から削孔した3本のボーリング孔を用いて実施した。試験地点近傍には、東西走向で北に急傾斜した比較的大規模の大きい破碎帯が存在し、全体的に亀裂が多くボーリングコアの平均 RQD は 40% 程度であった。

深度 25m 以深に設置した発・受信区間の配置を図-1に示す。孔間透水試験として、発信区間に正弦波状の注水と揚水を繰り返し、受信区間における応答水圧を観測した。なお、発信圧力の振幅は 0.05~0.15MPa の範囲で、また正弦波の周期は 30 秒から 40 分の範囲で数段階に変化させた。また、パッカーで閉塞する発信および受信区間の区間長は 1m とした。

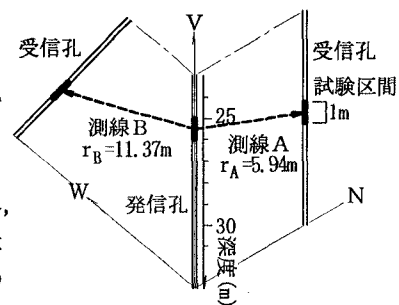


図-1 発・受信区間の配置

3. 試験結果

図-1の測線AおよびBにおける試験結果として、受信区間で観測された応答水圧の振幅を発信区間の圧力振幅との比で表したものを図-2に示す。図の横軸は試験周期を角周波数に変換したものである。発信圧力を変化させたため、同じ角周波数に対して複数のプロットが存在するが、振幅比の観測値は発信圧力の振幅によらずほぼ一定の値となっている。この結果に対して非整数次元を取り入れた解析を実施し、次元数 n と水頭拡散率 K/Ss を求めた。図中の曲線は、得られた n と K/Ss による振幅比の理論値を示したものである。角周波数の大きい場合に若干の差異がみられるが、理論曲線は各々の角周波数における観測値をほぼ満足しているものと考えられる。また、求めた次元数は測線A、Bでそれぞれ 2.5 と 2.7 であり、単一の開口亀裂面内の流れを2次元、また開口亀裂がランダムに密集し等価な多孔均質体に近似できる場合を3次元と考えれば、両者の中間的な流れの形態を示している。ただし、水頭拡散率は南北方向の測線Aで $0.32\text{m}^2/\text{s}$ であるのに比べ、東西方向の測線Bで $0.82\text{m}^2/\text{s}$ である。

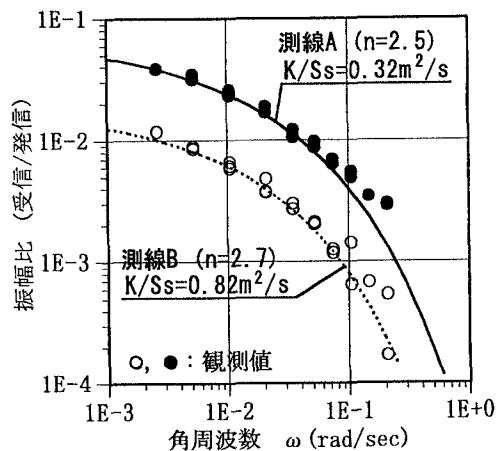


図-2 振幅比の分布（発信区間長 1m）

亀裂性岩盤、不連続面、原位置透水試験、水頭拡散率、水みち

〒182 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL 0424-89-7081 FAX 0424-89-7083

線 B では $0.82\text{m}^2/\text{s}$ とやや大きく、東西方向の破碎帯に沿った亀裂群が主要な水みちを形成している可能性がある。

以上の結果を同一の測線で実施した定流量注水試験の結果と比較した。この試験法は、発信区間に一定流量の注水を継続したときに観測される応答水圧の経時変化を、理論曲線 (タイプカーブ) にマッチングさせ図解的に孔間の透水特性を評価するものであり、非整数次元におけるタイプカーブは既に誘導されている。測線 A における試験結果を図-3 に、また求めた次元数と水頭拡散率をサイナソイダル試験結果と比較したものを表-1 に示す。この表によれば、測線 A, B 共に水頭拡散率の値はオーダー的に一致しており、次元数も比較的近い。ただし、次元によって無数に用意されるタイプカーブから最適なマッチングを得るのは容易ではなく、解析的に次元数を算出できること、また数段階の試験周期を採用することにより評価精度の向上が見込まれることを考えれば、サイナソイダル試験の方がより高い客観性を確保できるものと思われる。

次に、発信区間長を 6m に伸長した場合の影響を調べた。発信区間を深度 $25\sim 31\text{m}$ としたときの試験結果を図-4 に示す。この結果、測線 A の水頭拡散率は $0.24\text{m}^2/\text{s}$ と発信区間長 1m の場合とほぼ同等となった。測線 B では $3.2\text{m}^2/\text{s}$ と 4 倍近い値を示したが、この原因としては発信区間の深度 $26\sim 31\text{m}$ の間に測線 B に向かう高透水性の水みちが存在したことによると考えられる。一方、次元数は両測線で $2.2, 2.3$ と、共に流れの形態が 2 次元的な流れに近づく傾向を示した。これは、発信条件が点源を中心とした球状放射流れから、線源からの円筒状放射流れに移行したためと考えられ、これに伴って適合する浸透モデルが変化したものとして評価される。

4. おわりに

原位置サイナソイダル試験に Barker の非整数次元を取り入れた解析を実施し、水みち分布を表す次元数

と水理特性値を高精度に評価できることを確かめた。ただし、得られた結果は発・受信孔の離間により規定された試験サイズに依存したものであり、これを実際の工学的問題となる領域の特性値評価に展開する手法の検討が今後の重要な課題である。また、試験技術に限定しても、振幅比に加え発・受信間の位相差に基づく評価や流量計測による透水係数の評価も必要である。

参考文献: Barker, J.A., A Generalized Radial Flow Model for Hydraulic Tests in Fractured Rock, Water Resour. Res., 24(10), pp.1796-1804, 1988.

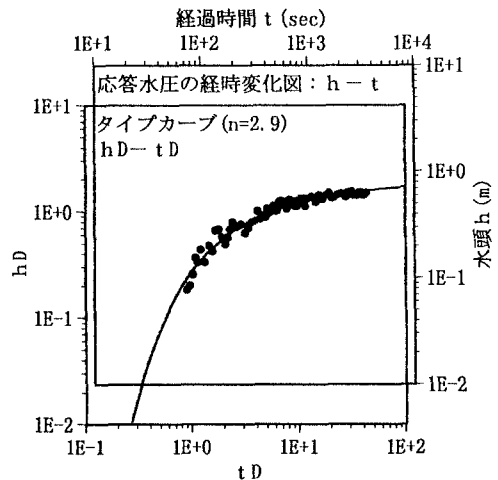


図-3 定流量注水試験結果 (測線 A)

表-1 次元数および水頭拡散率の比較

試験法	測線 A		測線 B	
	水頭拡散率 $K/Ss(\text{m}^2/\text{s})$	次元 n	水頭拡散率 $K/Ss(\text{m}^2/\text{s})$	次元 n
サイナソイダル法	0.32	2.5	0.82	2.7
定流量注水法	0.11	2.9	0.26	2.6

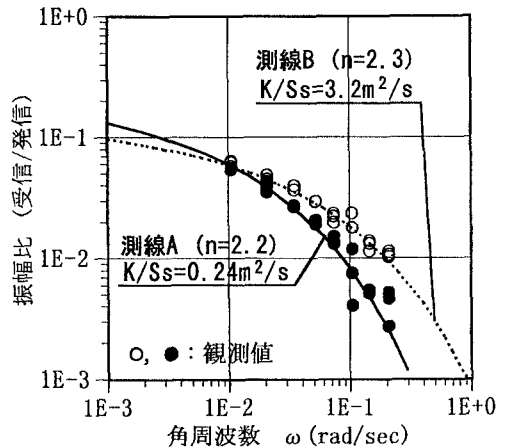


図-4 振幅比の分布 (発信区間長 6m)