

Ⅲ-118

Don-Chanモデルを用いた非定常浸透流解析の試み

(株) 大林組 田中 達也
 (株) 大林組 三上 哲司
 (株) 大林組 永久 和正
 埼玉大学工学部 渡辺 邦夫

はじめに

フラクチャーネットワークモデルによる岩盤浸透流解析の大きな問題点の1つは、非定常現象の取り扱いである。これは、1つ1つのフラクチャーが持つ貯留体積等の評価が困難であることによるものである。著者らは、フラクチャーネットワークモデルの1つとして、岩盤中の主要透水経路は割れ目そのものではなく、割れ目系の持つ構造であるとの立場に立って、透水経路を3次元管路網（チャンネル）として取り出す、Don-Chanモデルを提案している¹⁾。しかしながら、このモデルでも、1つ1つのチャンネルの非定常貯留効果の表現に大きな問題が残されていた。本研究は大林組神岡岩盤試験場で実施されたクロスホール試験の解析を行い、Don-Chanモデルの非定常解析への発展を試みたものである。

1. 解析モデルと問題点

Don-Chanモデルの特徴は、岩盤中の主要な割れ目の交線、ステップ・スプレイ構造²⁾など、割れ目集中部を透水性管路（チャンネル）として取り出し、それらが作る管路網間の流れを解析するものである。解析ではチャンネル交点で圧力損失がないものとして連続式をたて、ダルシー則により管路内流れを計算するものである。図-1に簡単な管路モデルを示す。各交点で非定常効果を取り入れれば、浸透流方程式は形式的に次式で表しうる。

$$\sum_{j=1}^N \left\{ T_{mj} \frac{h_{mj} - h_m}{\Delta L_{mj}} \right\} + q_m = S_{fm} \frac{h_m - h_m^{Time-1}}{\Delta Time}$$

ここで、 S_{fm} を1つの交点が受け持つ貯留量、 q_m は外部から流入する量、 T_{mj} は各管路の透水量係数(L^3/T)、 ΔL_{mj} は管路長さ、 h_{mj} 、 h_m はそれぞれの交点の水頭値である（添え字 j は交点 B_m に隣合う交点数）。式中 $\Delta Time$ は前回の計算ステップからの経過時間、 h_m^{Time-1} は前回の計算ステップ時の水頭値を表す。問題は、式中の非定常項(S_f)の取り扱いであり、導入においては各点の持つ「貯留体積 S_v 」を評価しなければならない。これについては、当然チャンネルとして取り出した地質構造の詳細な調査を基礎として、直接に評価せねばならない。また、このようにチャンネル交点に貯留効果を持たせる考えで、どの程度実現象を表現できるかを検討しておかねばならない。本研究では、後者を中心に検討した。

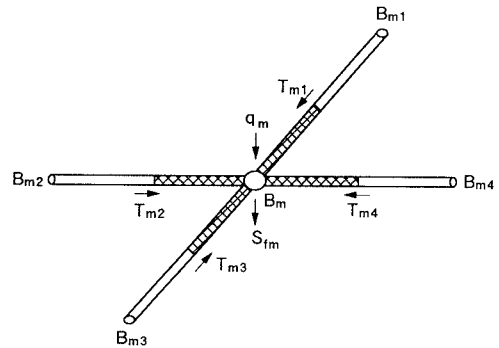


図-1 簡単な管路モデル

2. 解析条件

孔間透水試験は、平成6年度に大林組神岡岩盤試験場で実施された³⁾。図-2に試験に用いられた長さ約13mのボーリング孔(H1~H3)の位置および設定区間を示す。右上図は本試験場における試験位置を表す。解析領域はこれらのボーリング孔口元の重心を中心とした一辺12mの3次元領域を考え、坑道底盤は自由浸透境界、領域下面は不透水境界、側面は試験実施前に行われた間隙水圧測定値から等ポテンシャル境界を与えた。取り扱う割れ目は、試験事前のコア観察・ボアホールテレビ観察により開口していると考えた割れ目11枚を直接再現した。ここでチャンネル間隔は2mとし、鉛直下向きと水平方向の2方向とした。注水量は試験実測値に基づき、 $1.2 \times 10^{-6} m^3/s$ とした。解析では、定常計算により求めた各交点の水頭値を初期値とし、注水

区間に交差する割れ目上の交点から一定水量を注入した後の観測区間の水圧の経時変化を求めた。今回は、本計算手法の妥当性検討を目的としているため、H1孔のS2区間を注水区間とした1ケースのみ解析を行った。各管路の透水量係数は $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ と一定とし、1つの交点における貯留量(Sf)を、Case.1; $7.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$, Case.2; $5.0 \times 10^{-5} \text{ m}^3$, Case.3; $2.5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$, Case.4; $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ とした。

3. 解析結果

図-3に観測区間であるH2孔のS2区間におけるCase.1~4の解析結果を示す。図から1つの交点の貯留量を大きくするほど、圧力応答の初動時間が遅れていることがわかる。非定常解析として、妥当な解析結果であると考ええる。図-4にH2孔S2区間の試験結果および本解析モデルにてフィッティングした解析結果を示す。図中右下に、各管路の透水量係数(T)、貯留量(Sf)および貯留量を透水係数量(Sf/T)で割った値を示す。

ここで、ベストフィットカーブにより得られた透水量係数(T)および貯留量(Sf)の値から、対象岩盤の水みち(チャンネル)の透水係数の検討を行う。貯留体積(Sv)は管路(チャンネル)自体の体積であると仮定すると、各管路の透水量係数(T)とチャンネルの透水係数(K)の関係は、 $T=A \cdot K$ (Aは管路の断面積;式①)で、貯留量(Sf)と比貯留係数(Ss)の関係は、 $Sf=Sv \cdot Ss$ (式②)で表される。本解析により得た貯留量($Sf=5.0 \times 10^{-7} \text{ m}^3$)とクロスホール試験結果から均質異方性媒体として算出した比貯留係数($Ss=7.3 \times 10^{-5} \text{ 1/m}$)を上式②に代入すると、貯留体積(Sv)は 0.0068 m^3 となる。Sv/Aは、チャンネル間隔(2m)から $1\text{m} \times 4=4\text{m}$ (図-1中、斜線部の管路長さ)と仮定すると、チャンネルの断面積(A)は 0.0017 m^2 となり、上式①からチャンネルの透水係数(K)は $1.76 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ となる。これは、開口割れ目のみを用いた解析結果として現実的な値であると考えられる。

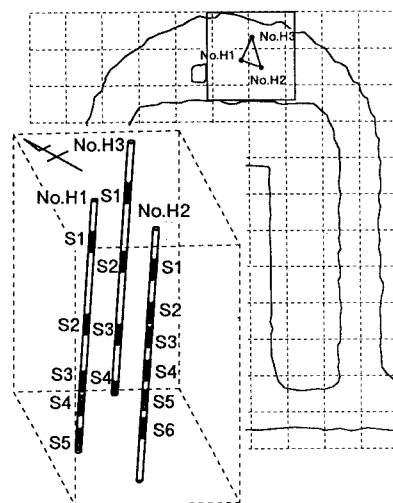


図-2 ボーリング孔の配置と試験領域

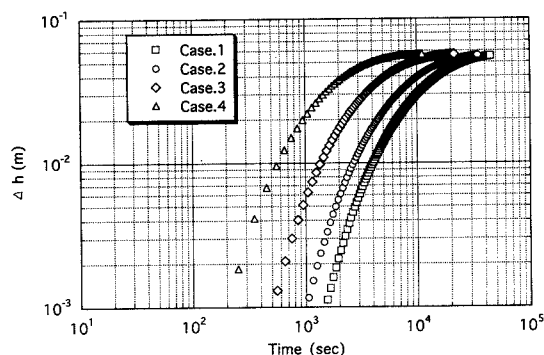


図-3 Case.1~4の解析結果(H2孔S2区間)

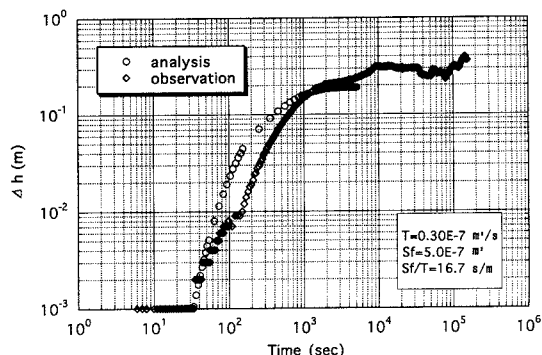


図-4 試験結果とのフィッティング結果

まとめ

本研究により、チャンネル交点部に貯留効果を持たせるモデルで、実際の非定常現象を表現し得ることがわかった。今後の問題は、今回解析で与えた各種パラメータが原位置の地質情報とどのように対応しているかの検討である。つまり、チャンネルの持つ貯留効果モデルのリアリティを明確にすることである。この点については、今後現地での構造地質的な調査²⁾を併せて検討する予定である。

参考文献

- 1) 田中達也, 渡辺邦夫他: 地質構造を基礎としたフラクチャーネットワークモデルの開発その1, 日本応用地質, Vol.35, No.3, (1994), pp.22-33.
- 2) 三枝博光, 渡辺邦夫他: 釜石鉱山での割れ目系特性調査とスプレッド・ステップ構造, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集, 投稿中
- 3) 須藤賢他: 地下岩盤試験場の水理特性に関する研究 その2, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集, 投稿中