

九州大学 工学部 正倉 樹木 武

同上 ○ 学生員 古賀 徹志

1. 緒言 トンネル非定常湧水問題では、初期集中湧水量が恒常湧水量に比してどの程度大きいものであるか、及び初期集中湧水状態から恒常湧水状態に落ち着くまでにどの程度の時間を要するのかが主要な関心事である。著者等は、先にトンネル非定常湧水問題の解析理論を報告したが、その中で初期値設定上精度が劣る難点があったので、本研究においてはこの点を改め、また本理論を用いて等方性、直交異方性地山の非定常湧水特性を説明せんとするものである。

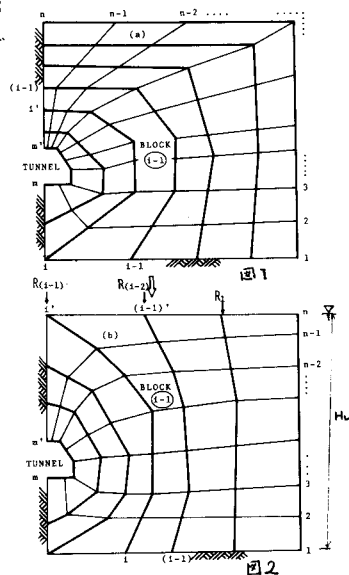
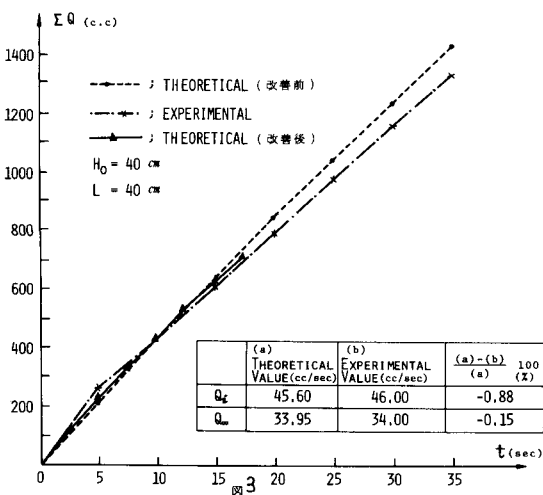
2. 解析理論 非定常湧水問題の解析は先に報告したように適当な時間刻みで逐次近似により追跡するものであり、時間段階 $n=0$ で被圧湧水問題を解析し初期値とした。その時、図1、2のように $n=0$ とそれ以降の時間段階で解析領域の分割が異なり、この為 $n=0$ における図1の節点ポテンシャルを案分しすることにより新しい節点のポテンシャルを求め、節点流量については、この算出ポテンシャルから計算する方法を取った。しかしこの方法は演算労力及び精度の上で問題となる所である。そこでこの問題を解決する為に $n=0$ の被圧湧水状態を最初から図2のように解く事にした。この場合、上部節点の水頭 H_0 を保つ為に、流入量 $R=\{R_1, R_2, \dots, R_{(n-1)}\}$ が存在すると考え未知数 R 及び境界からの節点流入量 $Q=\{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ とする。この時、従来までの基礎式に加えて、新たに上部節点のポテンシャルが H_0 でなければならぬという条件が追加される事になる。

3. 解析結果と実験結果の比較 解析モデルとして、向滲率 $k=0.18$ の地山を想定し、直径10mの円形断面トンネルを考えた。また時間間隔を表わすものとして、 $\Delta T = \alpha \cdot R \cdot L$ (cm) を考え、地山の透水性の大小が演算労力上に反映する事を防いだ。初期集中湧水から恒常湧水に至るまでの過程は、初期集中湧水状態とそれに続く数回程度の適当な時間段階までの非定常湧水状態を算出し曲線回歸により求めた。曲線回歸には次式を仮定した。

$$\frac{Q_T}{Q_i} = \gamma_T = (1 - \gamma_\infty) e^{-aT} + \gamma_\infty \quad \begin{array}{l} Q_T: \text{時刻 } T \text{ における湧水量} \quad a: \text{定数} \\ Q_i: \text{初期集中湧水量} \end{array}$$

他方、実験は Hele-Shaw モデル実験によるもので、板間隔を 0.3 cm とし、動粘性係数 $2.6 \text{ cm}^2/\text{sec}$ (32.5°C) のギアオイルを用いた。図3には、本研究による解析結果、従来の初期値設定による解析結果及び実験値の3者が、そして表には本研究による解析結果と実験値が比較検討されている。

るが、本研究の方が実験値に極めてよく合致している事が明らかである。



4. 等方性地山の非定常湧水特性

a. 不透層とトンネル底が一致する場合 平均動水勾配(H/L_0)と初期集中湧水量の関係を図4に、時間的減衰状態を図5に示す。また、減衰が90%完了した時刻 T_{90} と H/L_0 の関係は図6のようになる。図4より H/L_0 が大きくなる程初期集中湧水と恒常湧水の差異はなくなり H/L_0 が1.35以下では両者の差は10%以内になるといえる。また図5, 6より H/L_0 が大きくなる程減衰が小さいといえる。いま T_{90} と湧水平衡時間と名付ければ、 T_{90} は H/L_0 の増大とともに増大する傾向にある。(図6)

b. 不透層とトンネル底が一致しない場合 この場合、種々のトンネル底-不透層間距離を想定して解析を行った結果をまとめあげれば図7~10のとおりである。初期集中湧水は不透層の低下とともに増大し $H/L_0 \rightarrow \infty$ である一定値に収束する(図7)。また、これに伴って図8のように初期集中湧水と恒常湧水の差は小さくなるがその差異は大きな値ではないと言える。これらの事実を統合する当然の帰結であるが、減衰過程の上でも、湧水平衡時間の上でもほとんど差異はない(図9, 10)。

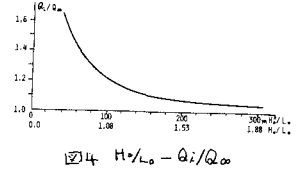


図4 $H/L_0 - Q_i/Q_\infty$

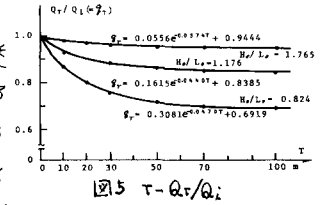


図5 $T - Q_i/Q_\infty$

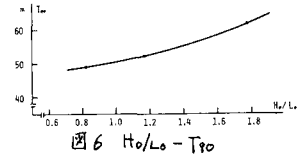


図6 $H/L_0 - T_{90}$

5. 直交異方性地山の非定常湧水特性

透水係数比 K_y/K_x を変化させる時の初期集中湧水の変化は図11に、また $K_y/K_x = 7$ の時の初期集中湧水量 Q_i に対する各透水係数比に対する初期集中湧水量 Q_i^k との比 Q_i^k/Q_i と透水係数比 K_y/K_x との関係を図12に示す。各透水係数比と時間的減衰過程、 T_{90} との関係はそれぞれ図13, 14で示される。図12より K_y/K_x が大きくなる程初期集中湧水量は増大するといえ、また図11のように恒常湧水との開きは大きくなり、減衰も早く(図13)、湧水平衡時間も急激に小さい値になる(図14)。

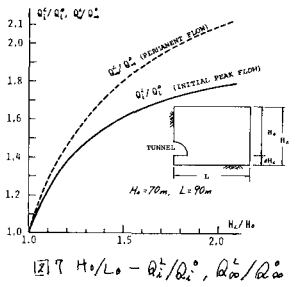


図7 $H/L_0 - Q_i^k/Q_i^0, Q_\infty^k/Q_\infty^0$

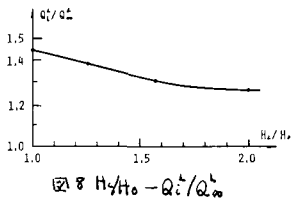


図8 $H/L_0 - Q_i^k/Q_i^0$

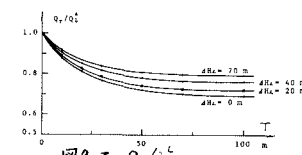


図9 $T - Q_i^k/Q_i^0$

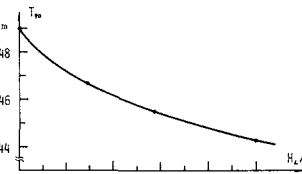


図10 $H/L_0 - T_{90}$

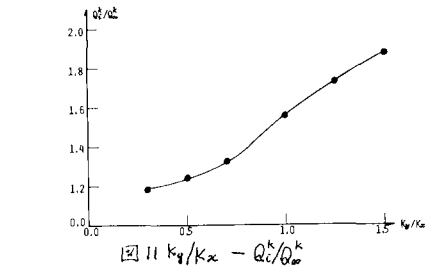


図11 $K_y/K_x - Q_i^k/Q_i^0$

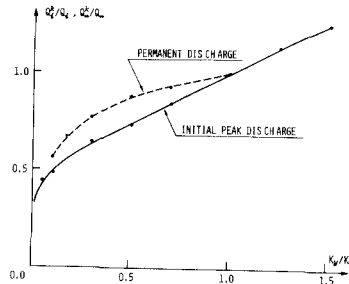


図12 $K_y/K_x - Q_i^k/Q_i^0, Q_\infty^k/Q_\infty^0$

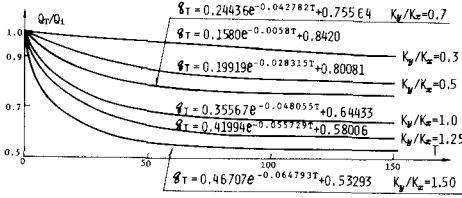


図13 $T - Q_i^k/Q_i^0$

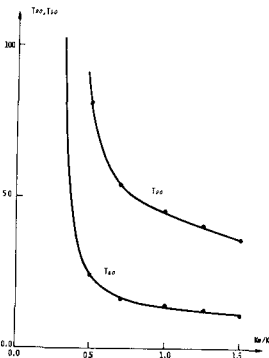


図14 $K_y/K_x - T_{90}, T_{50}$

土木学会第33回年次学術講演会講演概要集
第3部, P501~P502

櫻木, 堀 「トンネル非定常湧水解析」