

京都大学工学部 正員 大西 有三
 岡山大学工学部 正員 西垣 誠
 基礎地盤コンサルタンツ 正員 西垣 好彦

トンネルの掘削にともなう発生する湧水の問題は、トンネル自体の安全のみでなく、水源の枯渇など社会・環境問題にまでさまざまな影響を与え、し、残念ながらこうした地下水の挙動を十分把握するまでに至らず、その場その場で問題が処理されているのが現状である。

トンネル湧水の予知に関して流出範囲を求める問題がある。もちろん、水文学的、地質学的に大きな問題点を含んでいるが、ある程度の予測はなされてきた。例えば、宮崎・高橋(1970)による水理学的方法、具体的にはH-R曲線とトンネルの地形横断面図とを重ね合わせて、H-R曲線と地表面と交差する点から流出範囲を求める方法がある。ただし、この方法は地質条件、境界条件等を十分に考慮する余地がなく、数値性に欠けると考えらる。そこで、本報告では有限要素法を用いて、こうしたトンネル掘削にともなう周辺地盤の浸透流の挙動解析を試み、今後の研究の基礎としたい。

一般に、トンネルの掘削を行なうとトンネルの直上部分には、地下水の不飽和領域が形成される。その領域は本来、地下水面が低下することによって影響を受ける範囲と考えられるが、多層系地盤の場合には一概にそのような結論は引き出せない。また、不飽和領域における不飽和浸透の影響による地下水位の変動もかなり大きいと想定されるため、本報告では飽和-不飽和浸透流解析手法を用いることとした。

有限要素法による飽和-不飽和浸透流解析の手法についての詳細はすでに発表済みである(永井・大西・西垣, 1972)ため、ここでは言及しない。解析のために想定したモデルは次のようである。すなわちトンネルは地下50mのところにあり、下部境界とは30mなれている。解析の対象としてトンネル中心より100m程度離れた地点までの挙動を中心に考えたが、解析領域は影響圏半径を考慮して1000mとした。解析は次に示す5つの場合について行なったが、紙面の都合により、ここでは代表的な結果のみを示すことにする。

1) 均質地盤 ($k = 1.0 \times 10^{-7}$ cm/sec)

Case 1-1: 境界で水位一定 (5年)

Case 1-2: 境界で水位一定 (10年)

Case 1-3: 境界は不透水 (10年)

2) 2層系地盤 (境界水位一定)

図 1-a 参照

3) 3層系地盤

図 1-b 参照

4) トンネル近傍に透水性の良い層(例えば 破碎帯)が存在する場合

図 1-c 参照

5) 4)の場合と同じだが、透水層が

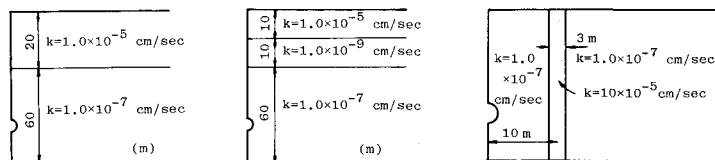


図-1 (a)

(b)

(c)

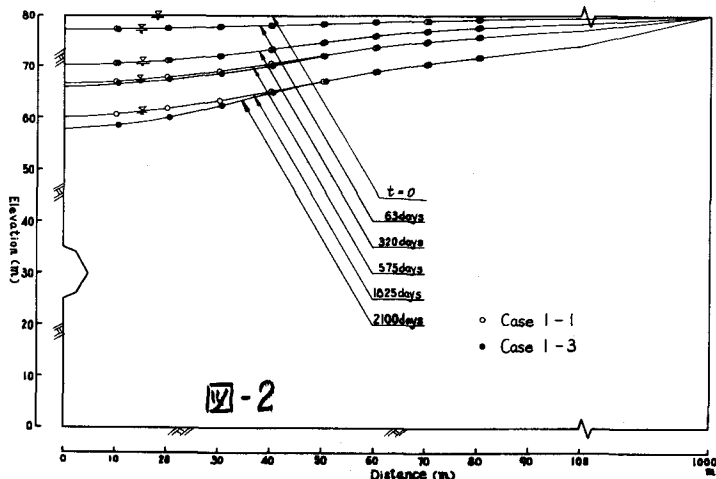


図-2

り破砕帯が50mと遠く離れてい
る場合

Case 1 の場合、いずれも解析結果に
大差はなかった。自由水面は20m程
度しか低下せず、トンネルと交差す
ることはなかった。境界条件の違い
による影響と Case 1 の代表的結果を
知るために、図2に水面変動の様子
を示す。図4を参照すると、2層系
地盤の場合、水位低下量がさらに小
さいことがわかる。これは地表層の
透水性が良いため、影響圏から地
下水の補給が速やかになされるため
と考えられる。図3は3層系地盤の
地下水位の変動を示す。この結果は
他の例と異なり特異な自由水面変動
が現われている。すなわち、第2層
の透水性が低いため、トンネル近傍
において不飽和領域が発生している
ことである。この領域は、トンネル
からの排水開始と同時に(1日目)に
発生し、後に上部の自由水面と連絡
することになる。ここで不飽和領域
と呼んでいるのは圧力水頭が負の領
域のことである。3層系地盤の場合、
第2層の難透水性のためトンネルの

排水開始後も、周辺地盤からの水の供給がままな
らず、懸垂水帯のように上部にも下部にも自由水
面があるという特異な状態に至るものと思われる。
図5は湧水量の経時的变化であるが、3層系地盤
の場合が最も小さい。破砕帯がある場合の解析結
果には注目すべきものはなく、図4にまとめの排
水開始後5ヶ年たった時の地下水位の形状を示し
てある。地盤の不均質性によってその形状が大き
く異なることが判明するのであろう。

トンネル掘削時の周辺地盤の地下水変動予測に
は確実なものがなく、今後の研究が必要である。

参考文献：

宮崎・高橋(1970)：土木地質学，共立出版
赤井・大西・西垣(1977)：土木学会論文報告集，No. 241

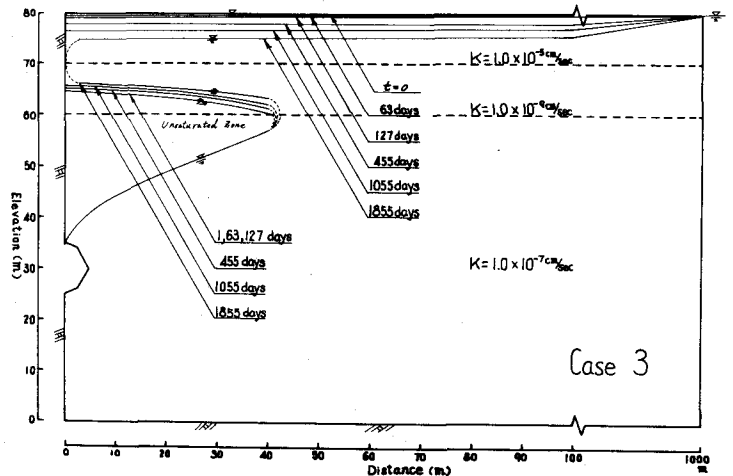


図 - 3

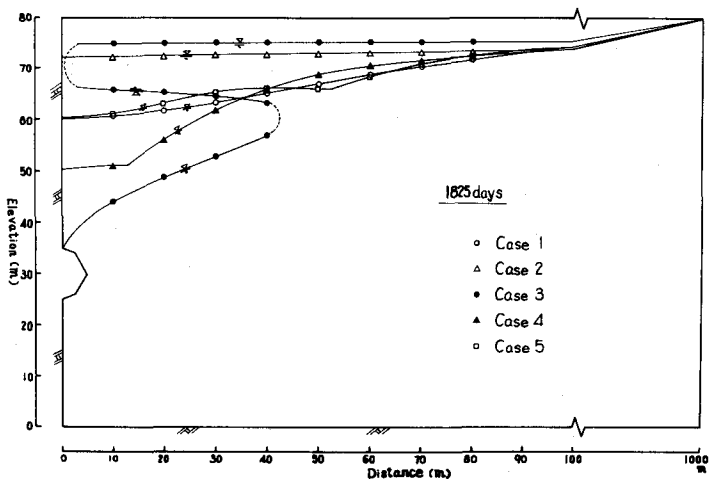


図 - 4

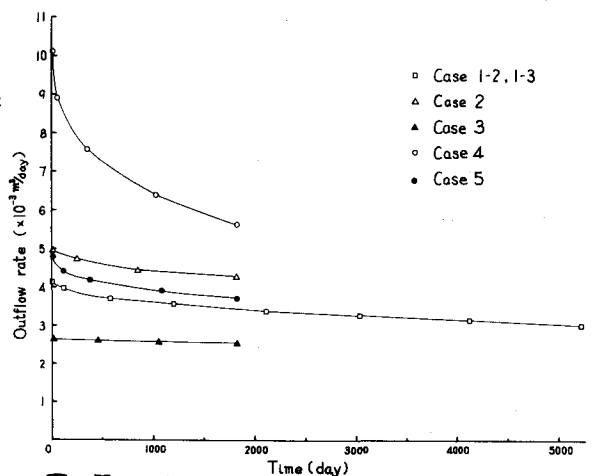


図-5

Relation between outflow rate and time