

京都大学 大学院 正会員 大西有三

京都大学 大学院 正会員 田中 誠

京都大学 工学部 学生員 ○松本 修

1. まえがき

京都では、都市部と周辺地域との連絡交通網を新たに確立する為に東部地域と都市部を結ぶ京都市高速道路1線が計画されている。この道路は平野部に都市トンネルして施工される為、トンネル掘削時に地下水位の変動と地下水流動の障害がおこる可能性がある。本研究では、有限要素法による三次元非定常浸透流解析を用いてトンネル掘削の段階的な地下水への影響を定量的に把握しようとするものである。

2. 解析手法と解析モデル

解析に採用した手法は、SSOR-PCG法である。SSOR-PCG法とはFEM解析にSSOR法を導入して3次元モデルを鉛直スライス面の集合に分解し、スライス面に関する2次元解析の反復処理に置換し、その反復処理を演算速度が速くなるように前処理を施したPCG法で計算するものである。Fig.1に解析範囲を示す。点線が計画路線で、トンネル掘削方法は西から150mが開削、残りはNATMである。本研究の最大の目的が、開削区間とNATM区間との境目での地下水の挙動を捉えることなので、解析範囲はトンネル軸から南北にそれぞれ100m、西は鴨川から東は鉄道と交差する辺りまでの台形部分とする。解析範囲の詳細図をFig.2に示す。解析は、以下の手順に従って行った。

1. 対象領域に掘削された観測孔において観測された地下水位および鴨川の水位のデータを元に、内挿により対象領域の水位のコンターを描く。
2. 内挿された水位を与えて周面を水位固定境界とし、定常解析を行って、平面方向の水位の分布が

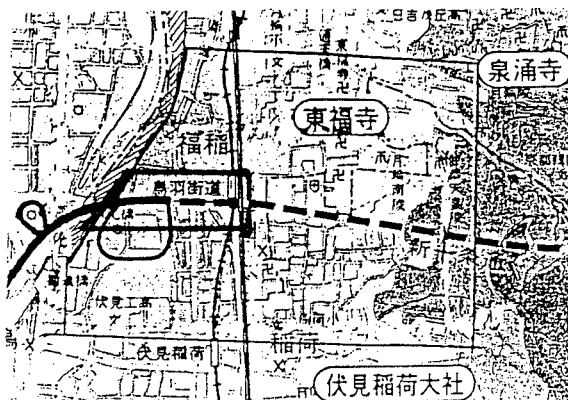


Fig.1 新十条トンネル施工予定位置

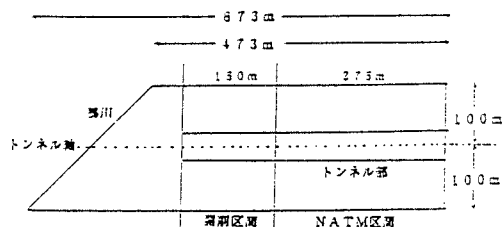


Fig.2 解析範囲の詳細図

内挿されたものと一致することを確認し、境界上の各節点における節点流量を求める。

3. 鴨川に面した西側の境界を水位固定境界とし、東、北、南側の境界に2.で求めた節点流量を与えて流量固定境界とし、定常解析を行って、結果が2.で得られたものと一致することを確認する。
4. 3.の結果を初期状態として、トンネルを段階的に掘削し、非定常解析を行う。トンネルは、実際の施工段階を簡単に表現するため、開削区間、N1区間、N2区間をそれぞれ解析開始時刻から0日後、365日後、548日後に瞬時に掘削する。トンネルの壁面は、初期状態で地下水面よりも上にある部分は不透水境界、下にある部分は浸出境界とした。すな

わち、トンネル壁面の止水は考えていない。また、開削区間に打設する連続地中壁(SMW)は、透水性の低い通常の要素を用いて表現した。解析は開始から1095日後まで行った

3. 解析結果と考察

Fig.3より、開削トンネルのみが掘削されている段階では、地下水位の変動は、上流側で+9cm、下流側で-6cm 以内におさまっている。これは、初期自然地下水位が開削トンネルの下面よりも下にあり、矢板の先端のごく一部だけが地下水面下にあるためであると考えられ、矢板打設に伴う地下水流への影響はそれほど大きくないものと思われる。Fig. 4から、トンネルが鉄道交差部に到達した後、開削トンネル部分では地下水位の大きな変動は見られないが、NATM 区間では時間の経過とともに地下水位が大きく低下することがわかる。Fig.5より、鉄道交差部付近では、時間の経過とともに上流側(北側)、下流側(南側)の両側から地下水がトンネル内に吸い込まれ、北側から流れてきてトンネルの下部に回り込もうとした地下水までもがトンネルに吸い寄せられていることが伺える。

Fig.4より工事開始3年後には東側境界における地下水位の低下は10mにおよび、さらに、西側のトンネル入口付近の地下水位までもが顕著に低下していることがわかる。

以上のことから、トンネルの施工に関して、開削工事の際にはトンネルが初期自然地下水面よりも上にあり、矢板の先端が地下水面下にわずかしき貫入していないため、地下水への影響はさほどないと考えられるが、初期自然地下水位よりも低いところに計画されているNATM区間を施工する際には地下水保全対策を考慮に入れる必要があることがわかった。また、鉄道交差部のトンネル直近において、上流側の地下水位が下流側よりも高くなっており、広域的な地下水流動がトンネルによって阻害されていることが伺えた。

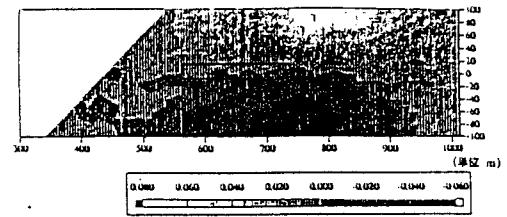
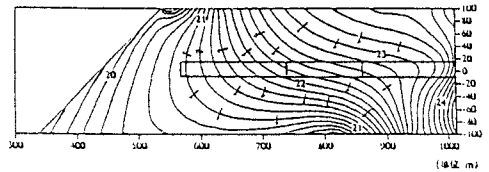


Fig.3 地下水位低下量の分布図 (183日後)



地下水位分布図 (1095日後)

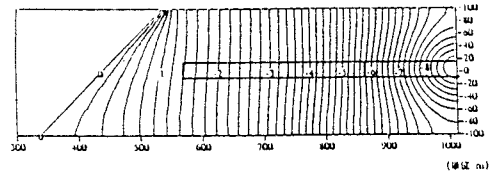


Fig.4 地下水位低下量の分布図 (1095日後)

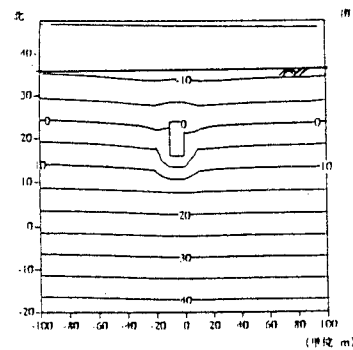


Fig.5 鉄道交差部断面図 (1095日後)

4. 結論

新十条通りトンネルの都市NATM区間では、トンネルが初期自然地下水位よりも下にあるため、トンネルの湧水による周辺地下水位が低下する。都市NATMトンネルを施工し、トンネル壁面を浸出境界とした場合、トンネル軸に垂直な方向に流動している地下水をトンネルが引き寄せる傾向があることが伺える。