

# トンネル掘削時の情報に基づく地山性状の不均質性を考慮した地下水圧分布の推定

東京電力（株） 正会員 小澤啓明，日比野悦久  
 東電設計（株） 正会員 恒国光義，小野里和則，瀬下雄一

1.はじめに 揚水発電所の大容量化に伴い水路トンネルの地山被りは大きくなる傾向にあり，トンネル覆工に作用する高地下水圧の評価が重要となりつつある．一般に水路トンネルに作用する地下水圧は，ボーリング孔内水位計測データならびに孔内透水試験に基づき，地山全体を一様と仮定した浸透流解析を行い評価しているが，建設後の覆工背面で計測された水圧データによると，必ずしも解析で想定した地山被りに応じた一様な地下水圧とはならず，この原因は周辺地山の透水性状の不均質性によるものとが考えられる。本稿は，トンネル掘削時に計測された坑内湧水量から地山水理定数を推定することで，地山透水性状の不均質性を考慮した地下水圧評価モデルについて検討したものである。

## 2.地山の地質とトンネル掘削時の湧水状況

著者は，既設揚水発電所導水路トンネルについて，掘削時の多量湧水箇所の破砕帯をモデル化することで，地質透水性状の不均質性を考慮した非定常浸透流解析を行い，トンネル掘削から建設後に至るまでの地下水圧変化や，覆工に作用する地下水圧の場所による違いを概ね再現できることを報告している<sup>1)</sup>。

この知見を踏まえ，地質性状が異なる地点の水路トンネルを対象として，同様な手法を用いて覆工に作用する地下水圧の評価モデルについて検討を行った．対象とした地点の地山の地質状況とトンネル掘削時の湧水状況を図-1に示す．掘削は下流側から上流側に向けて行われた．地質の概要を，上述の先行地点との対比でまとめたものを表-1に示す．多量湧水箇所以外では掘削に伴う坑内湧水量の増加は少なく，地山全体の透水性は低い．また，地質・岩種と掘削時の多量湧水箇所の対応関係が不明確なため，先行地点の様に地質観察から透水性状の不均質性を設定することが難しいことから，本検討では，多量湧水箇所の湧水量経時変化に着目し，地山の水利定数を推定することで，透水性状の不均質性を考慮することを考えた。

表-1 地質と湧水状況の概要

	検討対象地点	先行地点
地山被り	最大 300m	最大 600m
地質概要	・中生代の泥岩基質に，中・古生代の砂岩，チャート，および玄武岩などの火成岩類が混在した非節理性岩盤	・砂岩・泥岩互層，礫，シルト，角礫岩などの堆積岩を主体とした節理性岩盤で，破砕帯（幅 100cm 程度）が存在
掘削時坑内湧水	・湧水箇所と地質・岩種との対応関係が不明確 ・2000m の掘削時点で総量 1400 リットル/分	・破砕帯箇所での湧水 ・1600m の掘削時点で総量 4000 リットル/分

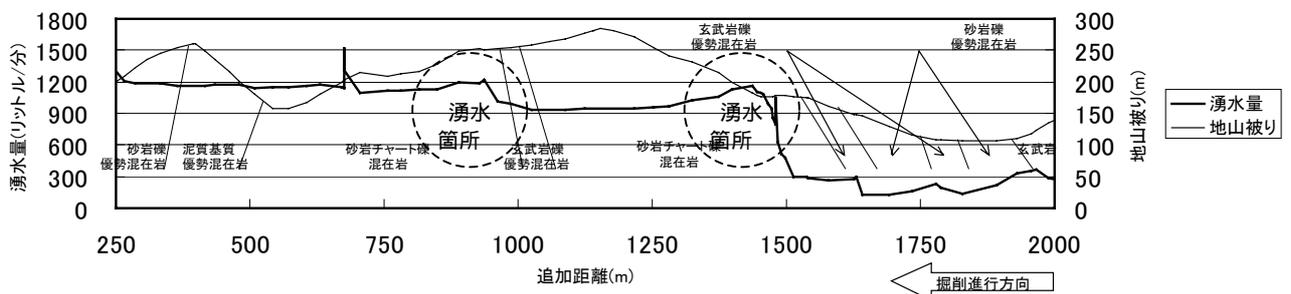


図-1 トンネル掘削時坑内湧水量と地山の地質概要

3.坑内湧水量経時変化に基づく水利定数の推定 地山の水利定数として，湧水量とその減少傾向を支配するのは，透水係数と比貯留係数である。坑内湧水量経時変化のうち，印の多量湧水箇所の増分湧水量経時変化を図-2に示す．定常に至る日数は約 55 日である．それに対して，水路横断面をモデル化した飽和二次元

キーワード：トンネル掘削，坑内湧水，高地下水圧，浸透流解析，不均質性

連絡先：〒100-0011 東京都千代田区内幸町 1-1-3 TEL 03-4216-4259 FAX 03-4216-4369  
 〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 TEL 03-4464-5642 FAX 03-4464-5595

非定常浸透流解析により評価した図-3 に示す定常日数と水理定数（比貯留係数 / 透水係数）の関係をを用いると、定常日数から比貯留係数 / 透水係数は、常用対数値で  $-1.96 \text{sec/cm}^2$  と推定される．透水係数は地質毎の透水試験結果から一意に決まるため、非定常パラメータである比貯留係数が計測結果から得られる．

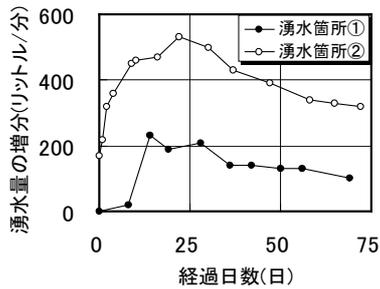


図-2 多量湧水箇所での増分湧水量経時変化

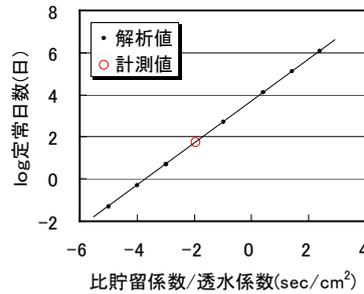


図-3 水理定数の坑内湧水量定常日数の関係

4. 掘削時湧水量のシミュレーション 本検討で用いた地下水圧評価モデルと物性値の一覧をそれぞれ図-4 と表-2 に示す．トンネルは節点でモデル化し、掘削時の解析では浸出点とした．地質区分は透水試験結果（地山深部の最頻値）を参考にして低透水区間と高透水区間とに区分した．比貯留係数は多量湧水区間については前述の方法で推定し、その他の区間は代表的なもの<sup>2)</sup>を適用した．図-5 に示す解析結果では、多量湧水区間の水理定数を周辺と同じものにした場合の結果（図中「従来手法」）を比較のため示している．本手法での解析値では、計測値で見られる多量湧水箇所で湧水のピークが生じる現象が再現できており、また、総湧水量としても、上流側の多量湧水区間で計測値の約 8 割、下流側で約 4 割と定量的には若干ずれが認められるが概ね評価できており、本手法の優位性が認められた．

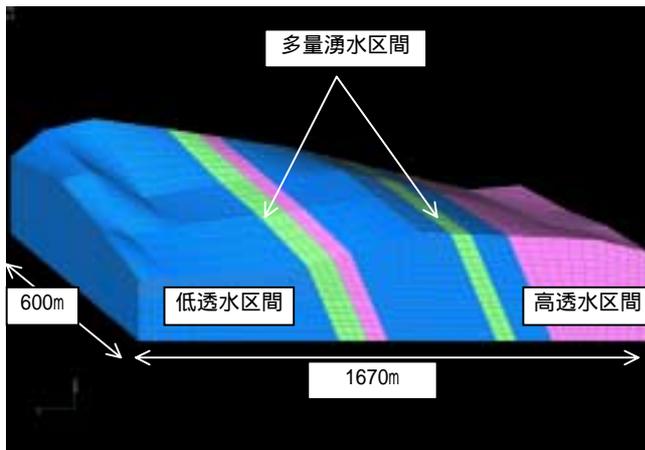


図-4 解析モデル

表-2 解析に用いた物性値

項目	対象	数値
透水係数 ( $\times 10^{-5} \text{cm/sec}$ )	低透水区間	0.06
	高透水区間	0.25
	多量湧水区間	0.75
比貯留係数 (1/m)	低透水区間	$1 \times 10^{-7}$
	高透水区間	$1 \times 10^{-7}$
	多量湧水区間	$1 \times 10^{-5}$

(境界条件)  
 初期水位：モデル地表面  
 側方：静水圧分布（長辺方向）  
 不透水境界（短辺方向）  
 底面：不透水境界

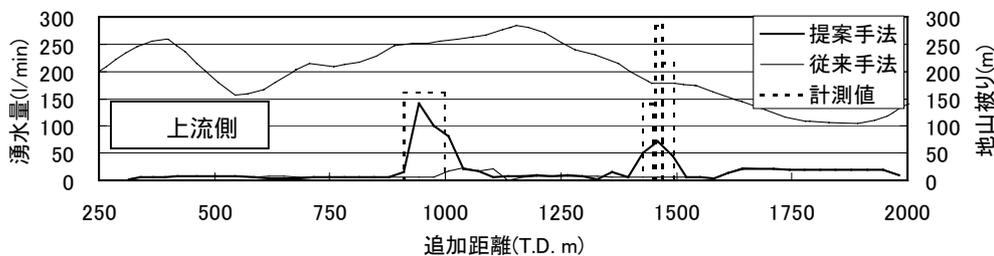


図-5 トンネル掘削の湧水量の算定結果

5. おわりに 本検討では、トンネル掘削時の湧水量に基づく地山透水性状の不均質性を考慮した地下水圧評価モデルを考え、掘削時の坑内湧水量のシミュレーションに基づきその妥当性を検討した．今後は、モデルの精度の向上、および覆工施工後におけるトンネル周辺地下水圧変化の計測データのシミュレーションによる検証等を行っていく予定である．(参考文献) 1)小澤，日比野他：トンネル掘削時の情報に基づく地山地下水圧分布の推定，第 56 回年次学術講演回概要集．2)建設産業調査会：改定 地下水ハンドブック．