

Ⅲ-A288 超高感度トレーサを用いた岩盤の透水性状の評価（その2：解析・評価）

ハザマ 正会員 ○ 山下 亮、今井 久、金澤真一
東北電力（株） 正会員 内田幸志、原 昭男、嶋田祥一

1. はじめに

ダム周辺岩盤の透水性状（遮水性能）を評価する目的で超高感度トレーサを用いたトレーサ試験¹⁾を実施した。このトレーサ試験結果と試験に用いたボーリング孔の地下水位測定結果をもとに、準3次元浸透流解析と粒子追跡法（Particle Tracking）によりダム周辺岩盤の透水性状について検討した。この検討によりトレーサ試験の評価法、ダムの構造と透水異方性の関係についての知見を得たので報告する。

2. 試験結果

トレーサ試験は図-1に示すように、4種類の元素を図中●で示すボーリング孔 L0, L3, L5、貯水池に投入し、図中○□で示す地点にてその到達が確認された。地下水位は図-1に▼で示す。

トレーサの到達時間、2点間の距離と水位差、間隙率を 0.05 と仮定すると調査範囲の岩盤はおおむね 10^{-4} cm/s オーダーの透水係数を有すると考えられた。

3. 解析概要

解析対象領域は図-1に示すダム中央より左岸部で、貯水池とボーリング孔 L0, L5、河川を結んだ範囲とした。調査に使用したボーリング孔は図-1に示したように節点上に配している。

物性区分（透水係数区分）は、①堤体コンクリート部、②岩盤一般部、③カーテングラウト部、④岩盤斜面部の4区分とした。

境界条件は堤体中央部と L5-河川間には不透水境界とした。水位固定境界としては、貯水池沿いは貯水位、河川沿いは河川水位、貯水池-L0間、L0-L5間は各水位で線形補間して水位を設定した。

4. 解析結果

解析では、L4の地下水位、トレーサの検出状況に着目して透水

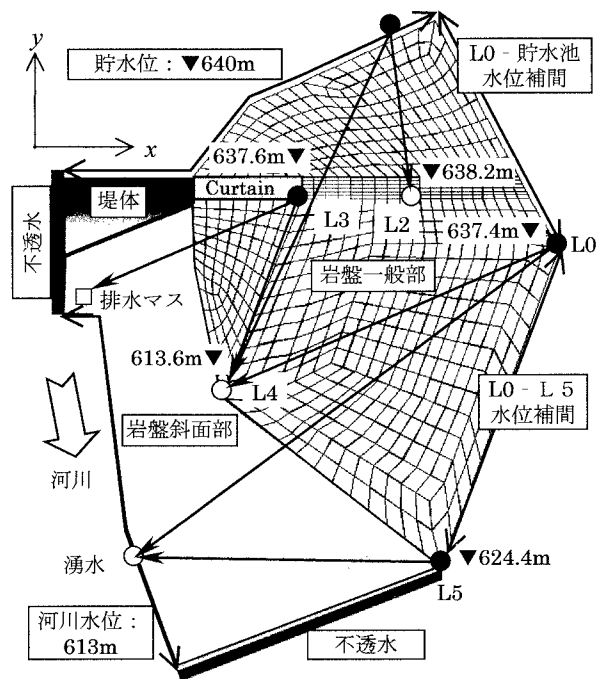


図-1 解析モデルと境界条件

表-1 解析ケースと透水係数 (cm/s)

	岩盤一般部		岩盤斜面部		カーテン部		堤体	
	Kx	Ky	Kx	Ky	Kx	Ky	Kx	Ky
case1	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-07	1.0E-07
case2	1.0E-04	1.0E-04	5.0E-04	5.0E-04	1.0E-04	1.0E-04	1.0E-07	1.0E-07
case3	5.0E-03	5.0E-05	2.5E-02	2.5E-04	5.0E-03	5.0E-05	1.0E-07	1.0E-07
case4	5.0E-03	5.0E-05	2.5E-02	2.5E-04	5.0E-05	5.0E-05	1.0E-07	1.0E-07

係数を変化させてダム周辺岩盤の透水性状について検討した。この周辺の地質は粘板岩・砂岩などから構成され、ダム軸とほぼ同一方向の走行、鉛直に近い傾斜を有す亀裂が卓越している。そのため場所的な透水係数の不均質性とダム軸方向に関する直交異方性を考慮し透水係数を設定した。表-1に代表的な4ケースとその透水係数の設定を示す。(a)case1は均質等方性の場合、(b)case2は岩盤斜面部の透水係数が大きく等方性の場合、(c)case3は岩盤斜面部の透水係数が大きく直交異方性（ダム軸方向の透水係数がその直交方向より2オーダー大きい場合、

キーワード：浸透流解析、透水係数、異方性、粒子追跡法、トレーサ試験

連絡先：〒305-0822 つくば市荻間西向 515-1 TEL0298-58-8813 E_mail : yamayama@hazama.co.jp

(d)case4 は、カーテン部はグラウト効果で最大透水係数方向も最小透水係数方向の透水係数に等く他の部分は case3 と同じ設定の場合である。

解析結果として地下水位のコンタと粒子追跡法による投入したトレーサの軌跡を図 - 2 (a) (b) (c) (d) に示す。またボーリング孔 L4（実測水位：▼613.6m）の解析による水位を各ケース左上に示す。

これらの解析結果と実際に原位置で観察された結果を考え合わせると、今回調査・解析対象とした領域の透水性状として以下のことが推察される。

- ①岩盤斜面部の透水係数はその他の部分より透水係数大きい。
- ②透水係数に異方性があり、最大方向と最小方向では透水係数で2オーダーの違いがある。
- ③上記透水異方性がある場合、カーテン部のグラウトによる遮水効果は顕著ではない。

上記①は斜面部は斜面であるため亀裂が開いたことによると考えられる。

②の透水係数が最大方向と最小方向で2オーダー違うことは、トレーサ試験結果から間隙率 n を0.05 と仮定し、下記(1)(2)(3)式より透水係数を推定した結果¹⁾（1オーダーの違い）より大きな違いとなっている。この原因は実流速 V とダルシー流速 q を(2)式で関係付けたことにありと考えられる。(2)式で実流速 V はダルシー流速を間隙率 n で除しているが、 n の代わりに全断面積 A における有効透水面積 a の割合 (a/A) を亀裂方向（流動方向：図 - 3 参照）ごとに評価した値を用いるべき必要があることを示唆したものと考えられる。

$$V = \frac{L}{t} \quad (1), \quad V = \frac{q}{n} \quad (2), \quad q = -k \frac{\Delta h}{L} \quad (3)$$

ここで、 V ；実流速、 L ；トレーサ流下距離、 t ；トレーサ流下時間、 q ；ダルシー流速、 n ；間隙率、 Δh ；水頭差、 k ；透水係数である。

5. まとめ

- (1) 超高感度トレーサ試験、地下水位測定、浸透流解析を用いて岩盤の透水性状を評価できることが示された。
- (2) トレーサ試験より透水係数を推定する際、亀裂方向を考慮した有効透水面積を把握する必要性が示唆された。
- (3) ここで実施した調査・解析による岩盤の透水性状の評価から岩盤の透水異方性がダムの遮水性能に大きな影響を与えることが示され、今後ダムの調査・設計においてはダムの構造（ダム軸方向等）と岩盤の透水異方性の関係を把握しておく必要性が示唆された。

【参考文献】1) 今井ほか：超高感度トレーサを用いた岩盤の透水性状の評価（その1），第53回土木学会講演会，1998

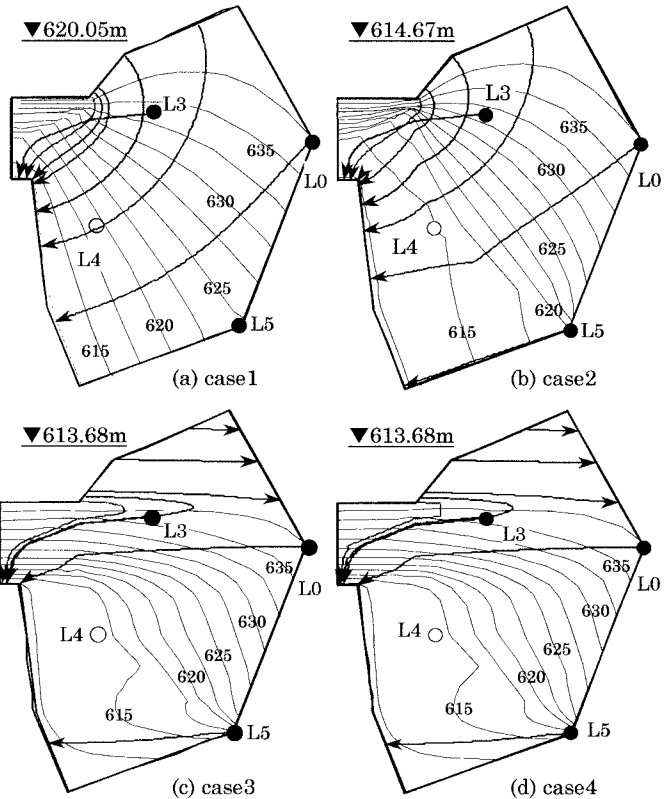


図 - 2 解析結果（地下水位・トレーサ軌跡）

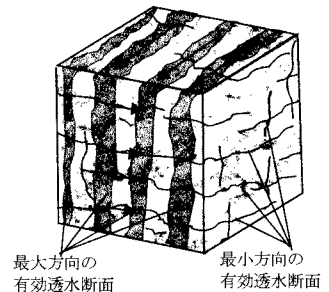


図 - 3 亀裂形状と有効通水断面積