

逆解析によるフィルダム遮水性ゾーンの異方透水性把握

Anisotropic permeability of an impermeable zone of a fill-type dam using inverse analysis

廣瀬哲夫・田中 勉

Tetsuo Hirose and Tsutomu Tanaka

1. 序論

土は本質的に透水係数に関して異方性を有する。水平方向の透水係数が鉛直方向の透水係数よりも大きいのが一般的である。土が異方透水性を有すると、特に水平方向の透水係数が鉛直方向の透水係数よりも大きい場合、土構造物や地盤の力学的安定性が大きく低下する可能性がある¹⁾。設計において、土構造物や地盤の力学的安定性を照査するためには、実地盤における透水係数の異方性の値を把握する必要がある。ここでは、実ダム堤体における遮水性ゾーンの異方透水性把握について考察する。

2. 締固め材料の異方透水性

人工的な盛土材料として用いられた土質材料の透水係数は、水平方向の方が鉛直方向より数倍以上大きな透水性を示すことが知られている。フィルダムは、人工的締固め材料に土質材料を用いる典型的な構造物のひとつである。土質材料の締固めには、重力を活用する 경우가多く、基本的に鉛直方向に締固めることになり透水係数に異方性が生ずる。ここでは、Aダムの遮水性ゾーンに用いられた土の異方透水性について考察する。Aダムにおいて遮水性材料として用いられた土質材料は、崖錐堆積材と原石山材を混合して使用されている。ストックパイルおよび堤体における盛土材料の物理学的及

Table 1 盛土材料の物理学的及び力学的性質

性 質	
土粒子の比重 G_s	2.762
液性限界 w_L (%)	61.3
塑性限界 w_P (%)	38.8
塑性指数 I_p	22.6
最適含水比 w_{opt} (%)	18.8
最大乾燥密度 $\rho_{d\max}$ (g/cm ³)	1.757

び力学的性質をTable 1に示す。Table 1において、最適含水比及び最大乾燥密度は 19.1mm以下の材料についての実験値である。この材料については、不攪乱試料を採取し、室内において、鉛直及び水平方向の透水係数 k_v 及び k_h が求められており、Table 2のようになっている。本データから、異方透水性の値 k_h/k_v は、4(最小値)~60(最大値)、平均値は 15 となっている。室内透水試験によると、この土質材料は通常報告されているように水平方向の方が鉛直方向よりも大きな透水性を有している。

Table 2 不攪乱試料の透水係数

方向	透水係数 (cm/sec)
水平	$2.6 \times 10^{-5} \sim 6.5 \times 10^{-6}$
鉛直	$1.7 \times 10^{-6} \sim 4.6 \times 10^{-7}$

3. 異方透水性の効果

水平方向の透水係数が鉛直方向の透水係数より大きい場合、異方性の値が大きくなるほど、流量が増加したり、すべりに対する安定性が低下したり、浸潤線が上昇したり、下流側法面に浸透水の浸出面が発生したりするなど、浸透流に関して好ましくない状態となることが指摘されている¹⁾。場合によっては、土構造物や地盤が力学的または水理学的に危険となることがある。フィルダムなどの水利施設構造物の安定性を把握するためには、原位置において、堤体や地盤がどれほどの異方透水性の値を有しているかを知ることが重要である。

4. 実ダム堤体の異方透水性

実際のフィルダム堤体において、遮水性材料がどれほどの異方透水性を有しているかを把握する方法について考察する。Aダムでは、長年にわたり堤体内で実際に間隙水圧が計測されており、計測データから逆解析などの手法を用いて異方透水性の値を求めることが可能と

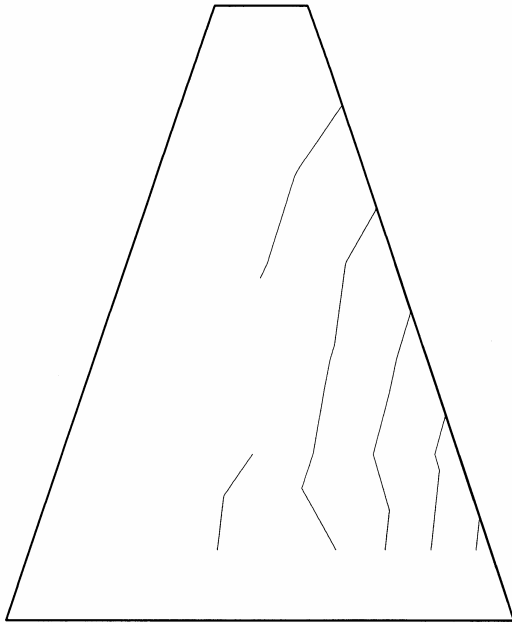


Fig.1 間隙水圧計測データによる等ポテンシャル線分布

なっている。間隙水圧の測定データから、建設供用後、初期には盛立てに伴う過剰間隙水圧が残留していることがわかった。そして、5年程度経過することにより、残留間隙水圧がほぼ消散し、いわゆる定常浸透流による間隙水圧が計測されていることがわかった。

築堤完了後6年(試験湛水開始後5年)時点の16地点の間隙水圧計測データを用いて、フィルダム堤体における遮水性ゾーンの等ポテンシャル線分布を示すとFig.1となる。Fig.1において、等ポテンシャル線は最大値と最小値を6分割したものを示している。16地点の計測データを用いて、逆解析によって異方透水係数の値を求めると、不攪乱試料による室内透水試験で得られた結果とは異なり、 $k_h/k_v=0.254$ となった。すなわち、水平方向の透水係数の方が鉛直方向の透水係数より小さくなった。 $k_h/k_v=0.254$ を用いてFEM浸透流解析を行い、解析によって得られた等ポテンシャル線分布を示すとFig.2のようになる。Figs.1, 2から、両者の等ポテンシャル線分布はよく一致しており、遮水性ゾーンの透水係数が計測データから精度よく同定されていることがわかる。予想とは異なり水平方向の透水係数の方が水平方向の透水係数より小さくなった理由の一つとして、浸透力による水

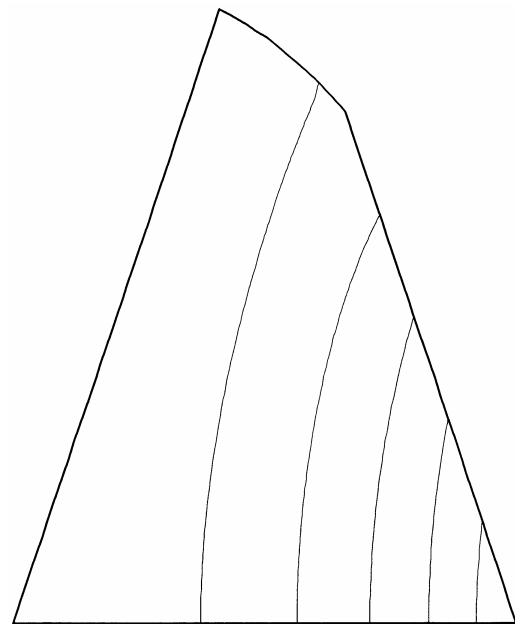


Fig.2 逆解析によって得られた等ポテンシャル線分布

平方方向の圧密現象が考えられる。水平方向の透水係数が鉛直方向の透水係数よりも小さいことは、土構造や地盤の水理学的、力学的安定性にとって、好ましい事柄ではあるが、一般的にいえる現象であるのかどうかはわからない。

5. 結論

Aダム堤体において、遮水性ゾーンに用いられた土質材料の異方透水性について考察した。不攪乱試料の室内試験によると、透水係数の異方性の値 k_h/k_v は15.00(平均値)となり、よく知られていると同様に水平方向の透水係数が鉛直方向よりも大きくなった。16地点の間隙水圧計測データを用いたFEM浸透流逆解析によると、築堤後6年経過した実ダム堤体における遮水性ゾーンの異方透水性の値 k_h/k_v は0.254となった。予想とは異なる結果が得られた。この現象が、本ダム堤体における特殊な現象なのか、あるいはよくある現象なのかはわからない。

今後、本ダム堤体の他の計測日時におけるデータ解析、他のダム堤体におけるデータ解析を行い、実ダム堤体における遮水性ゾーンの異方透水性を明らかにしてゆく必要がある。

参考文献

- 1) 田中 勉, 野々村圭造, 鶴野千佳子: 土の異方性 - 浸透流特性と浸透破壊特性 -, 第36回地盤工学研究発表会平成13年度発表講演集, pp.1317~1318, 2001.

