

重力式コンクリートダム の揚圧力分布の解析的検討

独立行政法人土木研究所 正会員 ○富田尚樹、山口嘉一、佐々木隆、小堀俊秀

1. はじめに

コンクリートダムの安全管理の主要計測項目の一つに揚圧力がある。この揚圧力は、貯水池からの浸透流により堤体を持ち上げる方向に作用し、特に重力式コンクリートダムにおいては、その安定性に大きな影響を及ぼす荷重となる。揚圧力は堤体内通廊に設けた基礎排水孔に圧力計を設置して測定されるが、基礎排水孔は揚圧力を低減するために設置されており、孔を閉塞して測定した揚圧力は、通常の孔開放状態でのそれとは異なる¹⁾。また、完成後数十年経過した古いダムを中心に基礎排水孔の目詰まり事例が散見される。これらのことから、既設ダム堤体の安定性を検討する場合には、揚圧力測定値と実際に堤体に作用する揚圧力の関係、および基礎排水孔が目詰まりした場合の揚圧力分布の変化を把握することは重要なことである。

本報告では、重力式コンクリートダムの基礎岩盤のモデルを用いた三次元浸透流解析を行い、揚圧力測定時の分布と実際に堤体に作用する揚圧力分布の関係、および基礎排水孔が目詰まりした場合の揚圧力分布の変化について検討した。

2. 解析モデル

図1に示すような堤高100mの重力式コンクリートダムの1ブロックを対象とした3次元浸透流解析モデルを用いた。解析モデルの諸元を表1に示す。

境界条件は岩盤底部と側面、及びダム堤体底部の基礎排水孔部を除いた範囲は不透水境界とし、ダム堤体上流部と下流部は水頭固定境界とし、各々地表面を基準として100mと0mの水頭を設定した。

また、モデルの基本的な材料物性値を表2に示す。本解析では、1Luと透水係数 1×10^{-5} cm/secが等価としている。

横継目は幅1cmのモデルに、文献2)において用いた透水係数のうち10cm/secを与えた。なお、横継目モデルは、0.1cm幅の滑らかな平行平板と同等の透水性を有する。

3. 解析条件

解析条件を表3に示す。コンクリートダムには揚圧力を低減するための基礎排水孔が設置され、基礎岩盤には遮水性の改良、弱部の補強のためのコンソリデーショングラウチング（以下「コンソリ」と呼ぶ）やカーテングラウチング（以下「カーテン」と呼ぶ）が施工されていることから、グラウチングのケースとして、実際に施工されているグラウチングパターンを想定して、ケース1ではコンソリをカーテンより上流側のみに、ケース2ではコンソリを堤敷全面に設定した。また、揚圧力測定方法は、実際に管理で行われている計測方法の中から、図1中の基礎排水孔bを閉塞して揚圧力を測定する隔孔閉塞法、基礎排水孔a、b、cを閉塞して揚圧力を測定する全孔閉塞法を設定した。また、基礎排水孔が目詰まりした条件を考慮するために、基礎排水孔の透水係数を $1 \times 10^0 \sim 5 \times 10^{-5}$ cm/secの範囲で概ね1オーダー刻みで与えた。

4. 解析結果

基礎排水孔が目詰まりした際の揚圧力分布について、基礎排水孔の透水係数ごとに、基礎排水孔位置でのダム軸方向の揚圧力分布、および揚圧力をダム軸方向に平均して整理した上下流方向の揚圧力分布をケース2について図2に示す。なお、揚圧力は水頭表示している。また、透水係数とダム軸方向に平均した上下流方向の全揚圧力、および基礎排水孔の排水量との関係を整理したものを図3に示す。

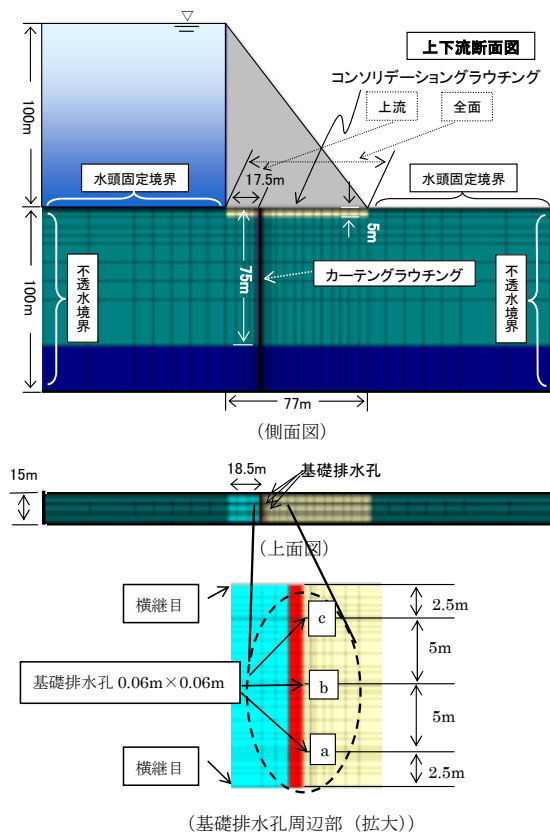


図1 解析モデル

表1 解析モデル諸元

形式	重力式コンクリートダム	堤高	100m
堤敷長	77m	1ブロックあたり堤体幅	15m
コンソリデーショングラウチング	施工範囲	堤敷全面およびカーテンより上流	
	改良深	5m	
カーテングラウチング	位置	堤体上流より17.5m地点	
	改良幅	1m	改良深 75m
基礎排水孔	位置	堤体上流より18.5m地点	
	断面	66mm×66mm	深さ 5m
	設置間隔	ダム軸方向5m	
横継目	幅	1cm	

【キーワード】揚圧力、重力式コンクリートダム、浸透流解析、基礎排水孔、閉塞

【連絡先】〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 Tel.029-879-6781 Fax.029-879-6737

表 2 材料物性値

材料名	ルジオン値 (Lu)	透水係数 (cm/sec)
未処理岩盤部	75m 以浅:50 75m 以深:1	5.0×10^{-4} 1.0×10^{-5}
コンソリデーショングラウチング部	5	5.0×10^{-5}
カーテングラウチング部	1	1.0×10^{-5}
基礎排水孔部	開放時: 10^{-5} 閉塞時:別途設定	1.0×10^0 別途設定
横継目部	10^6	10

表 3 解析条件

ケース	条件
1	コンソリ（上流）＋カーテン＋基礎排水孔
2	コンソリ（全面）＋カーテン＋基礎排水孔

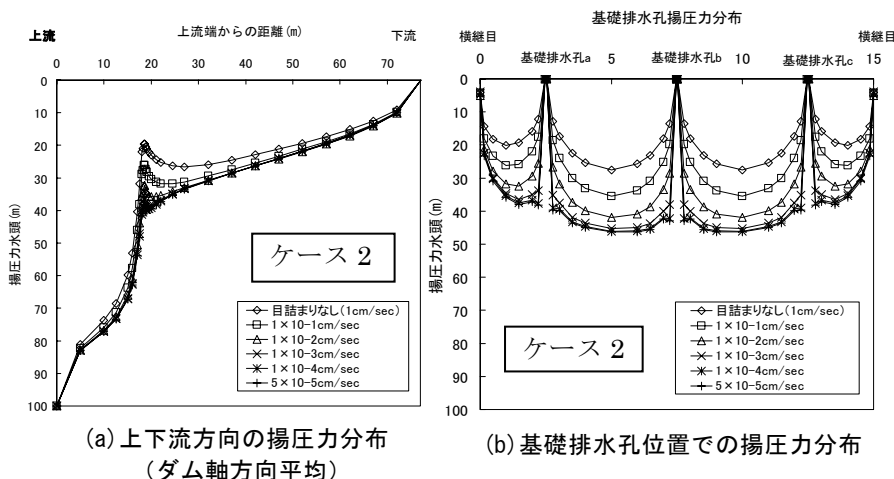


図 2 基礎排水孔が目詰まりした際の揚圧力分布

基礎排水孔の目詰まりが進行し透水係数が小さくなると、ダム軸方向、上下流方向の揚圧力分布はともに増加傾向を示し、ケース 1 では基礎排水孔の透水係数が $1 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ で、ケース 2 では $1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ で概ね収束している。

上下流方向の全揚圧力は基礎排水孔の目詰まりが進行し透水係数が小さくなると増加傾向を示し、基礎排水孔の排水量は減少傾向を示す。

揚圧力測定方法ごとに、基礎排水孔位置でのダム軸方向の揚圧力分布を整理したものをケース 2 について図 4 に示す。

閉塞しない場合の最大値は隔孔閉塞法と比較すると、ケース 1 で 0.66、ケース 2 で 0.73、基礎排水孔の目詰まりが進行し概ね収束している透水係数の場合ではケース 1 で 0.91、ケース 2 で 0.94 である。閉塞しない場合のダム軸方向の平均揚圧力を隔孔閉塞法のそれと比較すると、ケース 1 では 0.71、ケース 2 では 0.79、基礎排水孔の目詰まりが進行し概ね収束している透水係数の場合ではケース 1 で 0.92、ケース 2 で 0.94 である。

また、閉塞しない場合の最大値は全孔閉塞法と比較すると、ケース 1 で 0.49、ケース 2 で 0.59、基礎排水孔の目詰まりが進行し概ね収束している透水係数の場合ではケース 1 で 0.86、ケース 2 で 0.91 である。閉塞しない場合のダム軸方向の平均揚圧力を全孔閉塞法のそれと比較すると、ケース 1 では 0.41、ケース 2 では 0.48、基礎排水孔の目詰まりが進行し概ね収束している透水係数の場合ではケース 1 で 0.79、ケース 2 で 0.83 である。

5. まとめ

今回の検討によって基礎排水孔の目詰まりが進行し透水係数が小さくなると、基礎排水孔の排水量は減少し、揚圧力が増加する傾向を確認できた。全体を総括すると、隔孔閉塞ないしは全孔閉塞により測定された揚圧力は実際のそれよりはかなり大きい値となっているが、孔の目詰まりにより両者の差が、特に隔孔閉塞の場合、かなり小さくなるのがわかる。

参考文献

- 1) 永山功、斉藤孝三、片平博：重力式コンクリートダムにおける揚圧力の実態調査、土木研究所資料、第 2691 号、1989 年 1 月。
- 2) 市原裕之、山口嘉一、佐々木隆：重力式コンクリートダムの横継目の揚圧力低減効果に関する解析的検討（その 2）、第 58 回土木学会年次学術講演会講演概要集（CD-ROM）、2003 年 9 月。

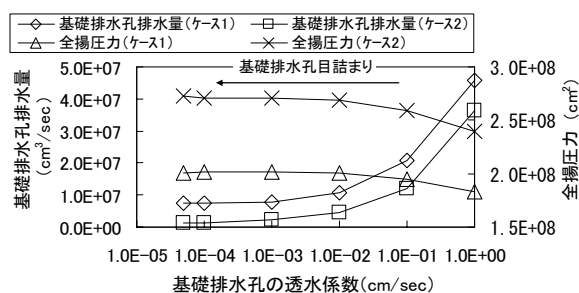


図 3 透水係数と上下流方向の全揚圧力および基礎排水孔の排水量との関係

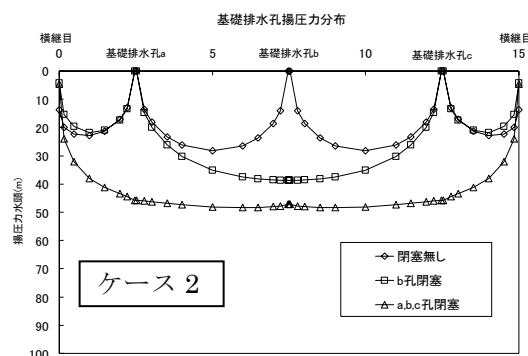


図 4 基礎排水孔測定方法とダム軸方向の揚圧力分布