

Ⅲ-A298 ロックフィル材でできた透水型堤体の水位流量式

新潟大学農学部 正会員 森井俊広
鳥取大学農学研究科 秋本健治
岡山大学環境理工学部 島田 清

1. 研究の背景と目的

礫は、我々にとって豊富で経済的な建設材料である。特に、開発途上国では、この砂礫材料が種々の農業インフラ建設の経済性、工学的効果に大きくかかわってくる。礫材料を用いた代表的な構造物として、洪水ハイドログラフのピーク流量の緩和や浸透による地下水涵養を目的とした透水型ダム、背後地からの浸透水を排水しながら斜面の安定性を確保するガビオン擁壁などがあげられる。国内では、雨水貯留施設や礫間浄化工などへの利用がみられる。本研究では、「透水型堤体の設計法の提案」に向け、(a) 粗粒材料を流れる非線形浸透流れの水理特性、(b) 透水型堤体の水位・流量曲線、および(c) 流水条件下における力学的安定性について、段階的に検討を加えてきている^{1,4)}。ここでは、上記(b)の検討の一環として実施した室内水路模型実験の結果にもとづき、透水型堤体の水位流量特性をまとめる。

2. 水路模型実験の概要

長さ 3.5m、幅 0.2m、高さ 0.4m のアクリル製水路に、高さが約 30cm の堤体を作製した。台形状のダム断面と矩形のせき断面の2種類とし、斜面こう配、堤体長さ、堤頂長、材料を変えた 17 ケースの模型堤体について、それぞれの上流側および下流側水位を変えて、計 326 セットの測定データをえた。流量は水路端に設置したキャリブレーションタンクにより、堤体内の水頭分布は水路の底面と側面に取り付けたピエゾメータにより測定した。自由水面の位置は、アクリル壁を通して観察した。堤体材料には河床礫と碎石を用いた。一次元透水試験から、これらの材料は、式[1]示す非線形な水頭損失特性を持つことがわかっている^{1,2)}。

$$i = a_v \cdot v_v^{b_v} \quad [1]$$

ここで、 i は動水こう配、 v_v は間隙内流速である。式[1]のパラメータ a_v 、 b_v は、図 1 に示すように、堤体材料の物理的性質と構造物の間隙率から決定される水理学的平均間隙径(hydraulic mean radius) m に対しユニークな関係を持つ。

3. 実験結果と非線形浸透流解析

図 2 に、ダム断面とせき断面での代表的な実験結果と、それに対する非線形浸透流解析法(FEM)による数値計算結果を示す。解析では、仮想的な透水係数³⁾を用いた繰り返し計算法を導入して、式[1]で表される流れの非線形性をモデル化した。また、下流斜面上の浸出点の位置は、隣接する自由水面上の2つの節点から外挿して求めた。実験でえられた自由水面と全水頭分布は、その他のケースにおいても、解析結果と良好に対応している。図 3 は、実験で測定した流量を解析結果と比較したものである。両者の間には平均して 16%ほどのずれがあ

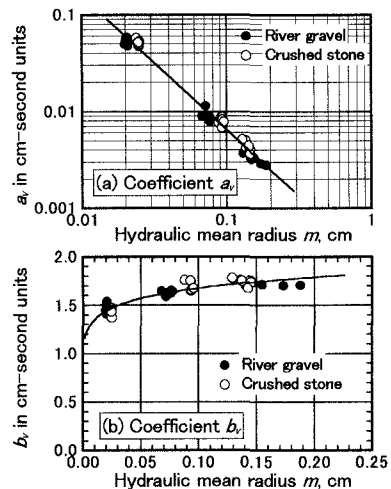


図1 一次元透水試験による水頭損失式

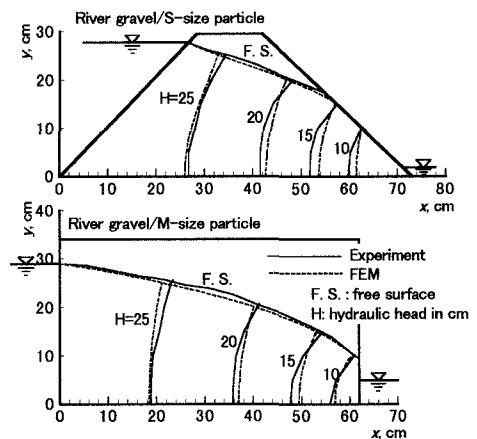


図2 代表的な実験結果と数値解析例

Keywords 透水型堤体、水路模型実験、非線形浸透流解析、水位流量式

〒950-2181 新潟市五十嵐二の町 8050 Tel & Fax (025)262-6652 E-mail: morii@agr.niigata-u.ac.jp

る。この理由として、図1に示す一次元透水試験データのばらつき、一部の試験ケースでみられた高レイノルズ数の発生などが考えられるが、いまのところ、特定できるにはいたっていない。

4. 水位流量式の提案

堤体設計の実務にあたって、複雑な数値解析を用いずに、上下流水位や堤体の幾何構造等の設計条件から流量を推定できることがのぞましい。実験データの分散分析による考察から、図4に示すように、堤体断面の平均的な長さに対する上下流水位差の比として、幾何学的動水こう配 i_{geo} を定義する。図5は、この定義にしたがって求めた i_{geo} と、二次元流れにおいても式[1]の非線形損失水頭式が成り立つと仮定して求めた有効動水こう配 i_{eff} との関係をまとめたものである。両者の間には、次式のように、非常にシンプルな一価関係が認められる。

$$i_{geo} = 0.62 \cdot i_{eff} \quad [2]$$

ここで i_{eff} の算出には、上下流斜面から中間の位置にある鉛直断面での平均流速を用いている。式[2]から、任意の上下流水位と堤体断面に対して、浸透流量を推定することが可能となる。図6は、式[2]から推定した流量を、水路実験での測定値と比較したものである。図7には、個別の実験ケースでえられた水位流量曲線を、推定値と比較している。

5. まとめ

$i_{eff} - i_{geo}$ 関係にもとづけば、比較的簡単な設計条件のみから、透水型堤体の水位流量曲線を推定できる。今後は、式[2]に含まれる係数の物理的な意味について、またこの設計式が、図1の m を通して実際の粒径構造物にスムーズに適用していけるかについて、数値解析法による検討をまじえて、より詳細につめていく必要があると考える。

参考文献

- 1) Hussein, Morii and Hattori: Determination of nonlinear head loss equation of flow through rockfill by one-dimensional column tests, Trans. JSIDRE, 192, 59-69, 1997.
- 2) 森井, Hussein, 宮崎, 服部: ロックフィル材を通る非線形浸透流れのモデル化, 土木学会第52回年次学術講演会, III-A, 532-533, 1997.
- 3) 森井, 秋本, 山室, Hussein: 礫構造物を通る非線形浸透流れの特性, 第52回農業土木学会中国四国支部講演会, 97-98, 1997.
- 4) 森井, 秋本, Hussein, 服部: ロックフィル材でできた透水型堤体の非線形浸透特性, 平成10年度農業土木学会大会講演会, 1998.
- 5) Kazda: Finite element techniques in groundwater flow studies, Elsevier, 177-183, 1990.

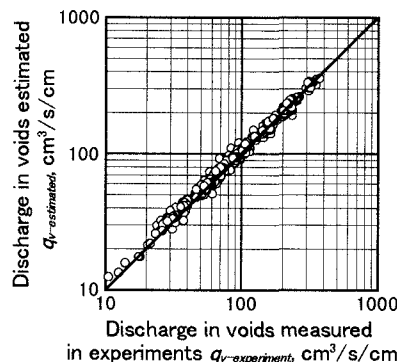


図6 設計式により推定した流量と実験値との比較

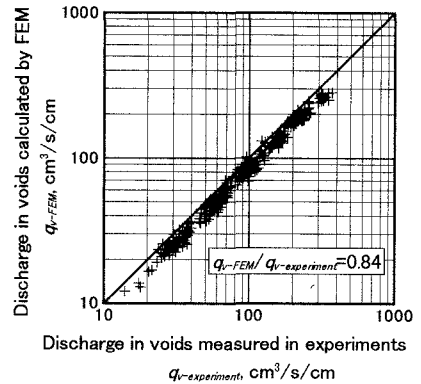


図3 測定流量と FEM 計算値との比較

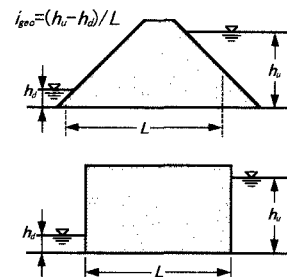


図4 幾何学的動水こう配の定義

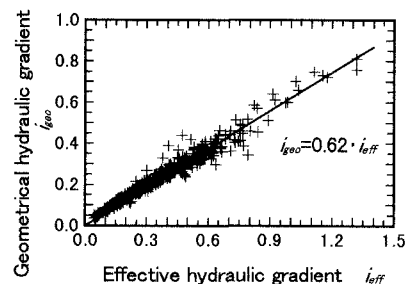


図5 有効動水こう配と幾何学的動水こう配との関係

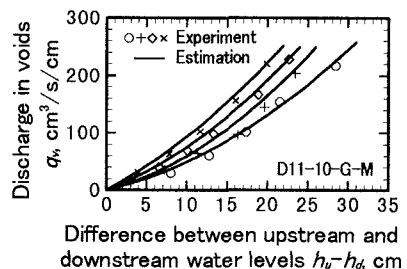


図7 設計式により推定した水位流量曲線と実験値との比較例