

Ⅲ - A266

ロックフィル材を通る非線形浸透流れのモデル化

鳥取大学農学部
鳥取大学連合農学研究科
三祐コンサルタンツ
鳥取大学農学部

正会員

森井 俊広
Ahmed K. HUSSEIN
宮崎 一道
服部九二雄

1. 研究の背景と目的

砂礫は、我々にとって最も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。代表的な活用の形態として、洪水ハイドログラフのピーク流量を緩和する浸透型堤体、背後地からの浸透水を排水しながら斜面等の安定性を確保するガビオン擁壁などがあげられる。しかし、それらの設計施工のほとんどは経験によっているのが実状である。実務的な安全性を確保しかつ普及を図ろうとするなら、砂礫材を通る浸透流れの水利特性はもちろん、浸透力に対する力学的安全性などを明確にしていく必要がある。

本研究は、「浸透型堤体の設計法の提案」を最終目標とするもので、これに向けて（a）砂礫材料中を流れる非線形浸透流れの水利特性のモデル化、（b）浸透型堤体の水位～浸透流量関係の提案および（c）浸透型堤体の力学的安定性の検討が必要になる。ここでは、室内一次元透水試験にもとづき、上記（a）のモデル化をおこない、これまでに公表されている非線形式との比較を通して実用性を調べる。

2. 試験方法と材料

長さが100cmで公称直径が10、7.5および5cmの3種類の塩ビ円筒を用いて、鉛直上向きの一次元透水試験を実施した。0.01から0.7程度までの動水こう配を与えた。河床礫とコンクリート骨材用の砕石を洗浄、風乾したのち、それぞれ3種類の粒径サイズにふるい分けた。材料の物理特性を1に示す。試験は、円筒径、粒径、材料の組み合わせについて2回繰り返し、計36ケース実施した。

表1 試験材料の粒径サイズと物理特性

材 料	粒径, mm	絶対比重	吸水率, %
河床礫	20-25	2.672	1.5
	10-15	2.641	1.4
	2.5-5	2.626	1.6
砕 石	15-20	2.740	0.7
	10-15	2.715	0.8
	2.5-5	2.680	0.8

3. 試験結果

代表的な試験結果を図1に示す。動水こう配 i と間隙内の平均流速 v_v は非線形関係にある。この非線形関係に対し粒径、次いで材料が高度に有意な影響をもつが、供試体の大きさつまり透水円筒の直径は統計的な影響をもたない。図2は、間隙内の流れと管路の流れとの類似性から、試験結果を摩擦抵抗係数とレイノルズ数 R_e との関係でまとめたものである。 $R_e > 50$ 程度では対数軸上で両者の間に直線状の関係があることから、動水こう配と間隙流速の非線形関係は次の累乗式により近似できる。

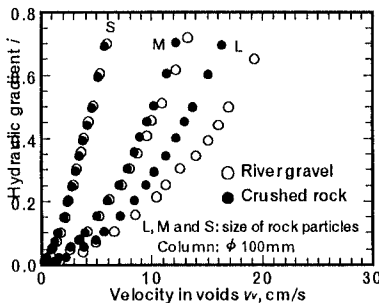


図1 代表的な試験結果

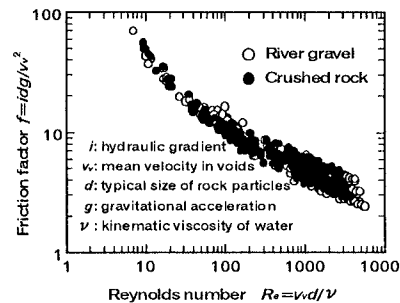


図2 摩擦係数とレイノルズ数との関係

Keywords ロックフィル材、非線形浸透流れ、鉛直一次元透水試験、累乗式近似

〒680 鳥取市湖山町南4-101 TEL 0857-31-5397 FAX 0857-31-5347 E-mail morii@agr.tottori-u.ac.jp

$$i = a \cdot v_v^b \dots\dots\dots (1)$$

ここで a は粒子のサイズあるいは水理学的平均径深 m に依存する係数、 b は定数である。

図3は、式(1)の回帰からえられた係数 a を供試体の m についてまとめたものである。定数 b は、各試験ケースの b 値の平均により定めた。また、河床礫、碎石材料それぞれ150個程度の石の長辺、中間辺、短辺の長さを測り、Zinngの形状分類とSabinらの方法[1]にもとづいて m を決定した。 R^2 値は0.99程度と高い相関性をもつ。 a は m とともに累乗的に急減するのがわかる。図4では、図3の a 、 b および式(1)から推定した間隙流速を、試験値と比較している。推定モデルが、かなり高い精度をもつことがわかる。

4. 公表式との比較

ここで提案した推定モデルの実用性を探るため、これまでに公表された式と対比した。図5は、横軸に式(1)と図3から推定した間隙流速をとり、縦軸のWilkins[2]、Stephenson[3]およびMartins[4]の式による推定値と比較したものである。全体に公表式に比べやや低めの流速を与えるが、実務面で最も信頼が高いとされているWilkinsの式とは、流速レベルの広い範囲で良好な一致を示しており、推定モデルの実務性を確認することができる。

5. まとめ

式(1)および図3によるモデルにより、砂礫中の非線形浸透流れの動水こう配～流速関係を精度よく推定できることを確認した。頭書の検討課題(b)にむけて、水路模型実験と非線形数値解析により、推定モデルの実用化をはかっていく予定である。

砂礫構造物内の非線形浸透流れに関する研究は、すでに、1960年代後半から70年代にかけて、有限要素解析法の開発と合わせて盛んにおこなわれた。しかし、その後、これらの議論の成果は、カナダやオーストラリアにおいて鉦津ダム、治山ダム等にほぼそと適用されてきただけであり、関連知識は十分に体系化されていない。本研究では、農村、都市地域により隣接した浸透型堤体を想定しており、構造物の水理特性はもちろん力学安定性についても詳細な検討が必要になってくると考えられる。

参考文献

- [1]Sabin and Hansen: The effects of particle shape and surface roughness on the hydraulic mean radius of a porous medium consisting of quarried rock, Geotechnical Testing Journal, 17(1), 43-49, 1994.
- [2]Leps: Flow through rockfill, in "Embankment-Dam Engineering", John Wiley & Sons, 87-107, 1973.
- [3]Stephenson, "Rockfill in Hydraulic Engineering", Elsevier Scientific, 19-37, 1979.
- [4]Martins: Principles of rockfill hydraulics, in "Advances in Rockfill Structures", Kluwer Academic, 523-570, 1991.

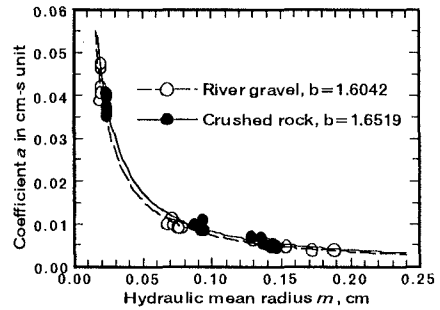


図3 回帰により得られた係数 a と径深との関係

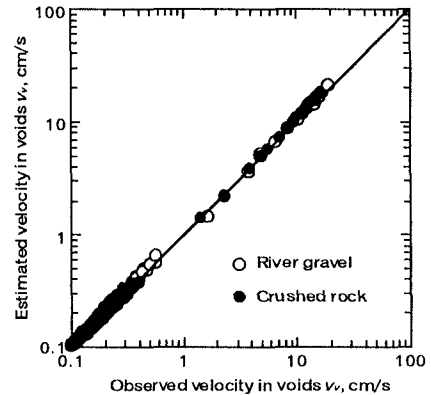


図4 モデル式により推定した流速と試験値との比較

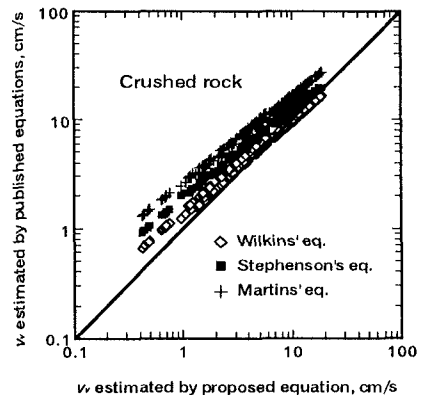


図5 推定モデルと公表式との比較（碎石について）