

HPM による浸透問題の解析と検証実験について

○法政大学 学生会員 坂口 育代
 法政大学 学生会員 大木 裕久
 法政大学 正会員 竹内 則雄
 法政大学 正会員 草深 守人

1. はじめに

著者[1]らは、ペナルティ関数を用いたハイブリッド型モデルに基づく浸透流問題の解析法（HPM）を提案した。本研究では、HPM の有用性を実験的に確認することを目的として、浸潤面を有する 2 次元浸透流の実験装置の開発を行い、HPM 解析結果との比較を中心とした検証実験を行った。

2. 浸透流模型実験

(1) 実験装置

本研究に用いた浸透流模型実験装置全体を写真 1 に、また、模型実験装置本体の正面図と概略図をそれぞれ写真 2 と図 1 に示す。実験装置本体にある 5×5mm の溝は、水面形状を測定するためのものであり、溝に試料が入らないようにフィルターを用いて遮断してある。今回は、メッシュ 60（1 インチあたり 60 マス）のステンレス網をフィルターに用いた。このフィルターは、試料を遮断するために試料より目が細かく、また水面が瞬時に現れるように試料より透水性の高いものを用意する必要がある。溝をこのようなフィルターで遮断することにより、水面が瞬時に現れるようになるため、定常状態で水面形状を測定できるものと考えることができる。

本研究で作成した浸透流模型実験装置の仕組みは、まず水を張った水槽に電気ポンプの給水口を入れ、そのポンプで流量調節水槽に水を吸い上げ、その後、模型実験装置本体に内蔵された越流装置に水を通し、越流装置の中で水を越流させて定水位になるようにする。ここで、越流させた水はホースで水の張ってある水槽に戻し、循環させる。浸透流模型実験装置本体にある流入口と流量調節水槽をホースで繋ぎ、水が越流したら止水板を取り外し、豊浦標準砂を敷き詰めた模型実験装置内に通水させる。1 時間程待って定常状態になってから、発泡スチロールで作った浮きの高さより水面形状を測定し、浸透流模型実験装置本体の流出口から流れ出る流量をメスシリンダーを用い測定する。

(2) 実験結果

1 回のケースについて本研究では 3 回同じ実験を行い、流量を測定した平均を求めた。その結果を次の表 1 に示す。流れは定常状態にあり、上流側と下流側の水位は、それぞれ、 H_1 と H_2 に保たれているものとする。この時、単位奥行き幅当たりの流量 Q は、Dupuit



写真 1. 実験装置全体図



写真 2. 実験装置本体の正面

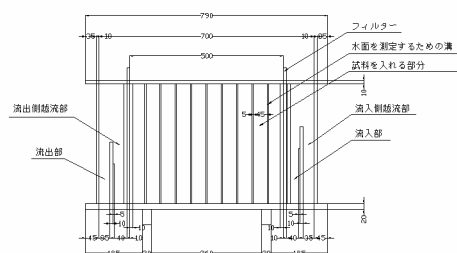


図 1. 実験装置本体の正面図

キーワード：浸透流，浸潤面，ハイブリット型ペナルティ法

〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2

の仮定より，式(1)から求まることになる．ただし， $k=7.0 \times 10^{-2}$ [cm/sec]， $B=48$ [cm]である．さらに，透水係数 k は，水頭差が最も低い case1 のときに Dupuit の仮定が成立しているものとし逆算して求めた．

$$Q = \frac{k}{2B}(H_1^2 - H_2^2) \quad (1)$$

表 1. 実験結果

case	水頭差 (cm)	流入水位 (cm)	流出水位 (cm)	流量(cm ³ /sec)		
				実験	Dupuit	HPM
1	5.05	10.45	5.40	0.489	0.467	0.464
2	7.45	12.85	5.40	0.781	0.793	0.792
3	9.85	15.35	5.50	1.114	1.198	1.168
4	12.45	17.95	5.50	1.320	1.703	-
5	14.90	20.45	5.55	1.653	2.260	-
6	20.00	25.40	5.40	2.220	3.593	-

表より，case1～case6 と水頭差が大きくなるにつれて Dupuit の仮定値と実験値の差が開いていく結果が得られた．特に case4～case6 では実験流量が Dupuit の仮定で求めた流量よりも大幅に下まわってしまった．水頭差 12.5cm 以上の実験ケースでは，Dupuit の仮定が全く成り立っていなかったと考えられる．したがって case4 付近にこの模型実験装置における Dupuit の仮定の成り立つ限界水位があると考えられる．

3. HPM解析との比較

Dupuit の仮定が成立すると考えられる case1～case3 において，ハイブリッド型ペナルティ法（HPM）を用いて，実験値及び Dupuit の仮定値との比較を行った．HPM は，領域分割数の影響を受けないため，任意の要素分 4 数を用いることができる．本解析では， 2.0×2.0 [cm] の 4 節点四角形要素をもとに用い，ペナルティの値は 10^8 倍を用いている．透水係数は，Dupuit の仮定値を求めたときと同様の $k=7.0 \times 10^{-2}$ [cm/sec] を用いている．

図 2～図 4 は，case 1～case3 の実験で得られた浸潤面を，Dupuit の仮定値及び HPM と比較したものである．3case とも浸出点付近に若干のずれが生じているものの，水面形状はほぼ一致していることより，良好な結果が得られていると考えられる．

4. まとめ

本研究では，浸透地盤の浸潤面を明らかにするために実験，解析より比較，検討を行った．その結果，浸潤面の形状は，流入水位と流出水位，地盤の水平方向の距離によって決まり，透水係数や流量に依存しないため，実験より容易に浸潤面を把握することができるということが分かった．また，水頭差が小さい case での HPM 解析は，実験で得られた水面とほぼ一致することが分かった．浸潤面を有する浸透問題の解析において HPM 解析はかなりの有用性があると思われる．今後，水頭差の大きい case でも解析による検討を行う必要がある．

参考文献：竹内則雄，矢田敬，草深守人，武田洋：ペナルティを用いた浸透流問題の解析手法の開発

Transactions of JSCES, Paper No.20000023

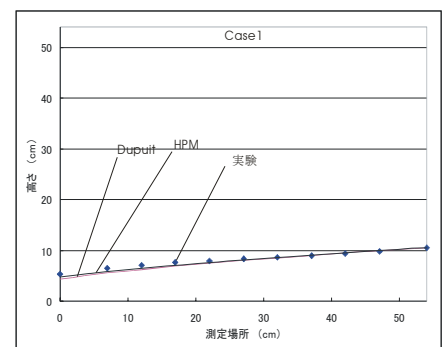


図 2. case1

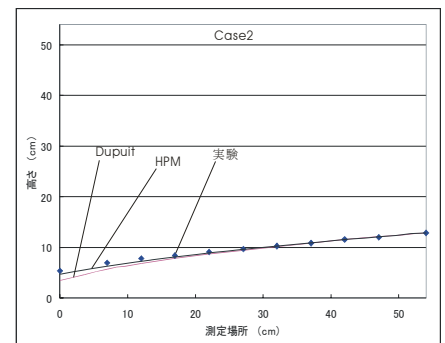


図 3. case2

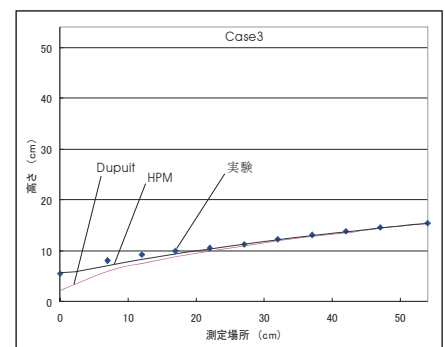


図 4. case3