

第II部門

霞堤周辺流れの水利特性に関する実験的検討

関西大学大学院 学生員 ○川中 龍児
 関西大学工学部 正会員 島田 広昭
 関西大学工学部 野上 さおり

関西大学工学部 正会員 石垣 泰輔
 関西大学工学部 野澤 敦子

1. はじめに

京都府亀岡市には、伝統的水害防備法として「霞堤」という堤防が複数設けられている。「霞堤」とは図-1に示すように堤防のある区間に幾つかの開口部を設け、その下流部の堤防を堤内地側に伸ばし、上流の堤防と二重になるようにした堤防である。ここでの設置目的は、①洪水時に河川の氾濫を許容し堤防の決壊を逃れる、②上流側で氾濫した水を河川へは戻す、③下流の狭窄部よりせき上げられた水を再び河川へ戻すという機能を有していると考えられる。これらの機能から、遊水機能と水の循環により下流域を洪水から守っていると考えられている。しかし、これらの水利機能の検討について現在検討は行われていない。本報告では、「霞堤」について模型実験を行うことにより周辺の流れについて水利実験を行い検討した。

2. 実験概要

実験水路は図-2に示す全長 11.0m、水路幅 0.4m、水路深さ 0.12m、勾配 1/1670、の木製である、長方形断面直線水路である。なお、水路内流量の制御については自動制御が可能である。図-3に示す霞堤部については、水路上流より 6.3m 位置を上流端とし、開口部 0.6m、高さ 0.04m、奥行き 0.3m、霞堤内部の幅 0.8m であり、霞堤と開口部のなす角度 θ とした。

実験は、上流側の設定流量を $0.006\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.008\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.010\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.012\text{ m}^3/\text{s}$ の 4 ケースを対象とし、それぞれの設定流量に対して霞堤と開口部のなす角 θ を 10° 、 20° 、 30° 、 45° 、 60° 、 90° の 6 ケース計 24 ケースについて行った。

霞堤より水路外へ流出する流量を氾濫流量とし、その流量について計量堰を用いて計測した。開口部の水深はポイントゲージを用いて開口部の上流側より下流に向かって 0.1m、0.3m、0.5m の 3 点について測定を行った。霞堤周辺の水面形については超音波水位計を用い、x 軸方向については開口部の上流側より上流の 0.6m、開口部の下流端より下流の 0.6m 区間と開口部の



図-1 実際の霞堤

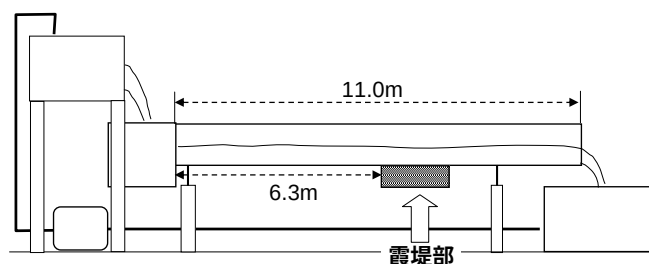


図-2 実験水路

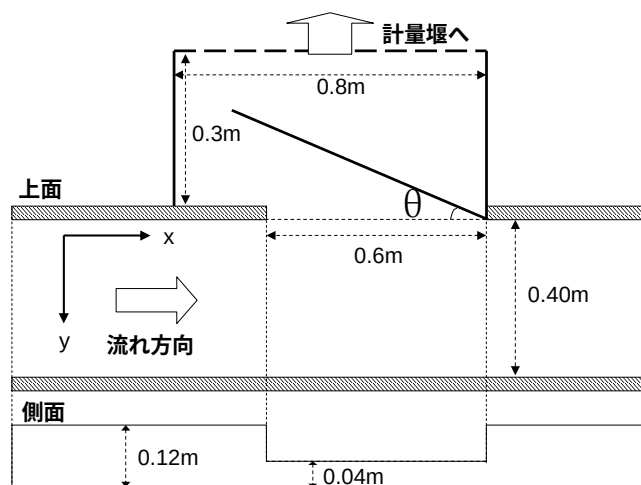


図-3 霞堤模型概要

計 1.8m, y 軸方向については水路左岸側を 0.0m とし
て霞堤内部に向かって 0.01m 間隔に -0.2m まで測定
し、水路内部では $y=0.01\text{m}$ から 0.35m まで 0.02m 間
隔で計測を行った。

3. 実験結果および考察

図-4 はポイントゲージを用いて測定した開口部の
3 点での水深の平均と汜濫流量を霞堤の角度別で比
較したものである。霞堤の角度が小さくなれば平均
水深が上昇していることがわかる。この点は、霞堤
の角度が小さくなると霞堤部に広がった流れが霞堤
に沿って水路内に戻ってくるために堰上げられ水深
が大きくなったという説明ができる。図-5 は水路の
設定流量を $0.012\text{m}^3/\text{s}$ 、霞堤の角度を 10° とした場
合の霞堤周辺における水位の分布を超音波水位計で
測定したコンター図である。濃い色ほど水位が高い
ことを示している。この図からもわかるように霞堤
前部の水位が周辺と比較して高くなっていることが
わかる。この現象は霞堤の角度が小さいほど顕著に
なる。この霞堤から戻ってくる流れは PIV 計測結果
で確認した。次に、平均水深と汜濫流量の関係を角
度別に見ると、水深の増加につれて流量も増加して
おり、その変化は累乗近似が可能ながわかる。
図に示した近似曲線を見ると、ほぼ $Q \propto h^{\frac{3}{2}}$ という
関係で表されることがわかる。ここに Q は汜濫流量、
 h は開口部平均水深である。これは、汜濫した流れ
が射流となり限界水深が表れることから、段落ち式
と同様の表示が可能であることを示している。

そこで、先に述べた開口部平均水深と汜濫流量の関
係を段落ち式と同様に表示すると $Q = CL'h^{\frac{3}{2}}\sqrt{g}$ と
なる。ここでは、 C は流量係数、開口部の長さ L 、 $L' = L \sin \theta$ 、重力加速度 g とする。流量係
数を支配するパラメータとして (L'/L) を仮定し、流
量係数 C との関係を示したものが図-6 である。これ
により流量係数 C は (L'/L) の関数として表される
ことがわかる。この結果を用いて計算した汜濫流量
 Q_{cal} 、実験結果 Q_{exp} との関係を示したものが図-7
であり、両者の良い一致を示す結果となった。

4. まとめ

本実験では霞堤の水力特性について検討を行った。

霞堤の角度が小さくなると霞堤内に入った流れが
霞堤に沿って戻ってくるにより汜濫流量が減少する。また、霞堤内部から流れが戻ってくるにより、
霞堤前部において水位が上昇する。開口部の平均水深と汜濫流量の間には段落ち式と同様な関係が見られる。

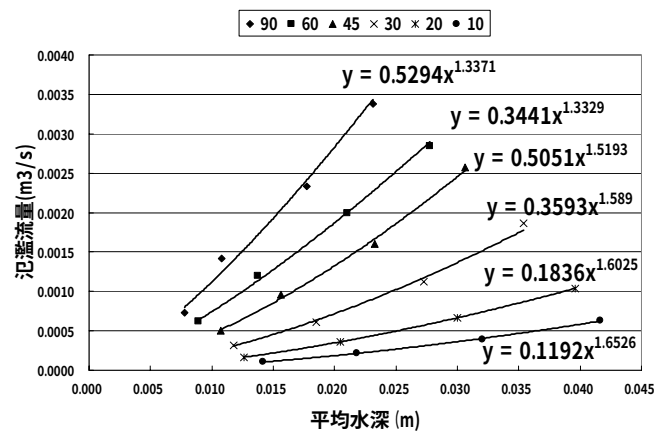


図-4 開口部平均水深と汜濫流量の関係

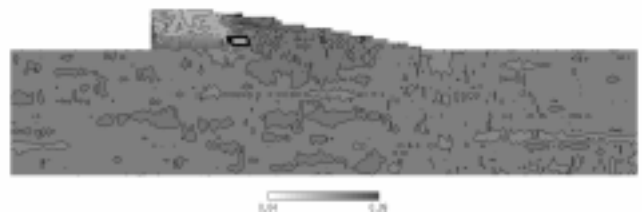


図-5 霞堤周辺の水位分布

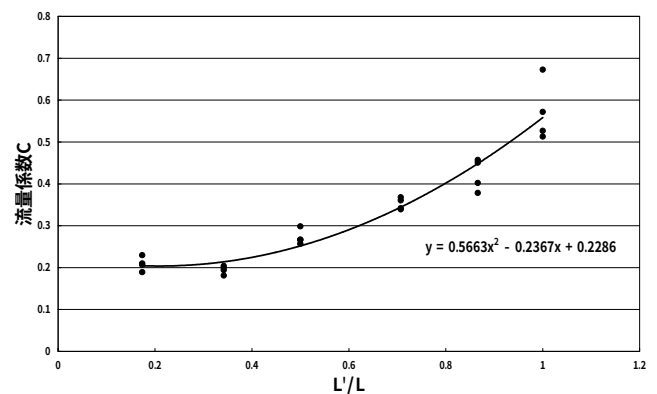


図-6 流量係数と (L'/L) の関係

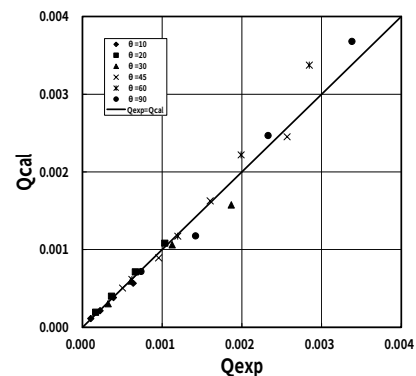


図-7 計算結果と実験結果の比較