

霞堤の氾濫流量評価式に関する検討

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
 (株) ジオトップ 野上 さおり

関西大学工学部 正会員 石垣 泰輔
 (株) テレワーク 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。本研究では、「霞堤」について模型実験を行い、その実験結果より霞堤から氾濫する流量の評価式を検討するとともに、霞堤を含む河道の1次元解析を行い、霞堤周辺の水面形の評価について検討を行う。

2. 実験概要

実験水路は図-2 に示す全長 11.0m、水路幅 $B=0.4\text{m}$ 、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 $L=0.6\text{m}$ 、堰高 $S=0.04\text{m}$ 、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。

測定項目として、開口部の水深、水路全体の水面形、霞堤からの流出量について測定を行った。



図-1 亀岡市の霞堤

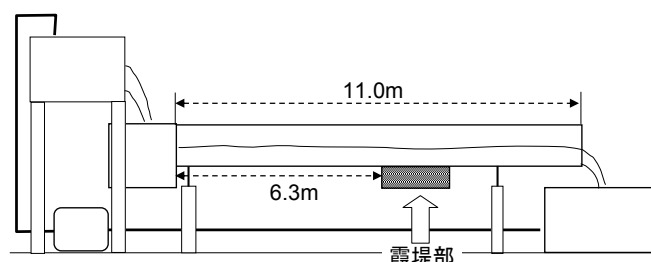


図-2 実験水路

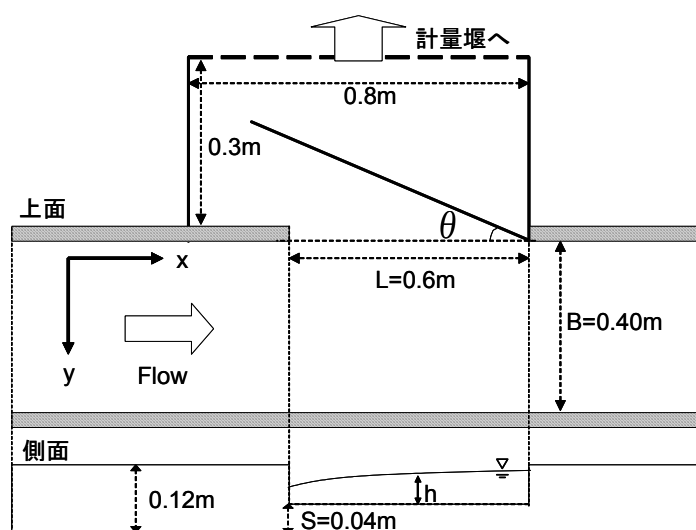


図-3 霞堤模型概要

Keywords: 伝統的治水工法, 霞堤

連絡先: 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 関西大学大学院 TEL/FAX (06)6368-0857

3. 流量係数の定式化

図-4 はポイントゲージを用いて開口部上の水深を上流側より下流に向かって 0.1m, 0.3m, 0.5m の 3 点について測定し、その 3 点の値を平均したものを平均水深 $\bar{h}$ として、氾濫流量と開口部平均水深の関係を角度別に両対数で示したものである。開口部平均水深 $\bar{h}$ と氾濫流量 Q の関係を角度別に見ると水深の増加につれて氾濫流量も増加しており、その変化は累乗近似が可能なことがわかる。図に示した近似曲線をみると、傾きがほぼ等しく $Q \propto h^{1.5}$ という関係で表されることがわかる。これは、氾濫した流れが開口部付近で常流から射流となり限界水深が現れていることから、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 $\bar{h}$ と氾濫流量 Q の関係を段落ち式と同様に表示すると次式となる。

$$Q = C \cdot L \cdot \bar{h}^{\frac{3}{2}} \cdot \sqrt{g} \quad (1)$$

ここでは、流量係数 C 、重力加速度 g とする。本実験において流量係数 C を決定するパラメータとして、霞堤の角度による影響が最も大きいと考えられることから、霞堤の角度による影響のパラメータを $L \cdot \sin \theta / L = \sin \theta$ としたとき流量係数 C は次式で表される。

$$C = f(L \cdot \sin \theta / L) \quad (2)$$

図-5 は、霞堤の各角度において求められた流量係数 C を角度ごとに平均したものを流量係数 C として、霞堤の角度による影響である $\sin \theta$ との関係を示したものである。流量係数と霞堤の角度による影響は図より、増加関数で表されることがわかる。この関数について近似を用いて求めると次式が得られる。

$$C = 0.57 \cdot (\sin \theta)^2 - 0.03 \cdot (\sin \theta) \quad (3)$$

式 (3) を用いて得られた氾濫流量を Q_{cal} 、実験によって得られた氾濫流量を Q_{exp} とした場合の関係を図-6 に示す。この図より、多少のばらつきはあるが、霞堤からの氾濫流量をほぼ再現している。

図-7 は式 (3) を用いて霞堤を含む河道の 1 次元解析を行った場合の水路全体における水面形の結果である。図の左側を上流とし、霞堤の角度が 10° の場合における水面形の計算値 H_{cal} 、実験値 H_{exp} として示した。この結果、水面形においてはほぼ実験値を再現できることが明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、実験より得られたデータをもとに霞堤の氾濫流量評価式の検討を行った。これにより、霞堤からの氾濫流量及び霞堤を含む河道の水面形をほぼ再現することができた。今後、横越流堰の流量係数に関するパラメータである、フルード数、相対堰高、相対水深、相対堰長を考慮することによって計算精度を向上させることが可能であると考えられる。

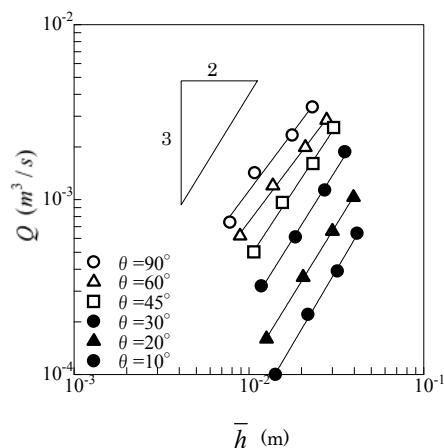


図-4 開口部平均水深と氾濫流量の関係

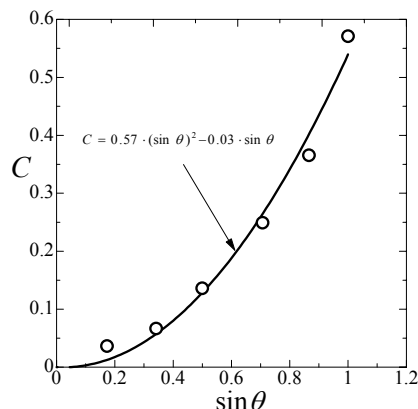


図-5 流量係数と $\sin \theta$ の関係

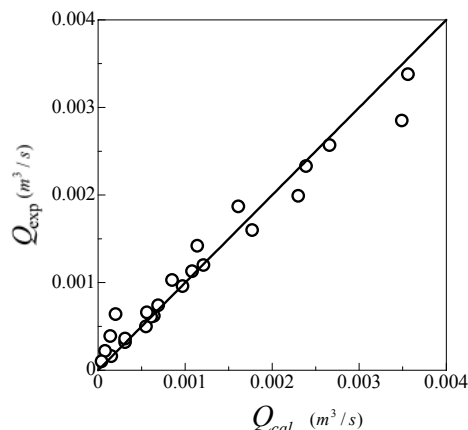


図-6 氾濫流量の実験値と計算値の関係

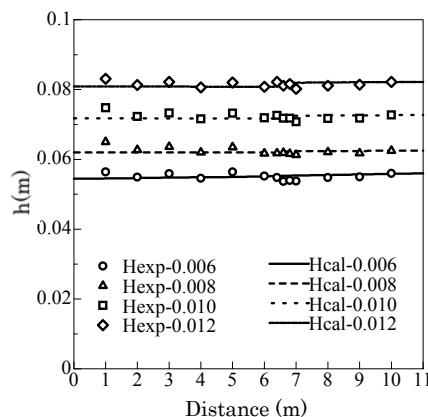


図-7 水面形の実験値と計算値の関係