

超過洪水時における笛吹川霞堤群の治水効果

FLOOD CONTROL EFFECTIVENESS OF OPEN LEVEE SYSTEMS IN FUEFUKI RIVER DURING EXTREME FLOODS

国友 悠登¹・原田 大輔²・鈴木 善晴³・道奥 康治⁴

¹ 学生会員 法政大学大学院 デザイン工学研究科都市環境デザイン工学専攻
(〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

E-mail: yuto.kunitomo.8q@stu.hosei.ac.jp (Corresponding Author)

² 正会員 法政大学准教授 デザイン工学部都市環境デザイン工学科 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

E-mail: daisuke.harada.66@hosei.ac.jp

³ 正会員 法政大学教授 デザイン工学部都市環境デザイン工学科 (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

E-mail: y-suzuki@hosei.ac.jp

⁴ 名誉会員 法政大学名誉フェロー (〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

E-mail: Kohjimichioku@gmail.com

本研究では、富士川水系笛吹川を対象として、現地調査および平成 26 年の報告書²⁾に基づき、霞堤群の分布と形態を整理するとともに、平面二次元洪水氾濫解析により、超過洪水時における霞堤群の治水効果を検討した。その結果、笛吹川では全国平均と比較して、氾濫戻し機能が卓越する構造の霞堤の比率が高いことが確認された。また、超過洪水時には、上流側の霞堤群は下流側の河道内の水位に影響を与えることや、霞堤群の氾濫戻し機能によって下流側の浸水範囲の抑制が確認された。一方、個々の霞堤によって効果に差があることも確認された。以上より、霞堤群の機能を評価する際には、河川特性と霞堤形態の双方を踏まえ、遊水機能と氾濫戻し機能のいずれが有効に作用するかを検討することが重要であると考えられる。

Key Words: open levee system, extreme flood, flood inundation analysis, Fuefuki River, flood control

1. はじめに

堤防に意図的に不連続部を設ける霞堤は、それ以外の区間における氾濫や堤防の決壊を抑制し、排水性に優れていることから、かつては全国各地の河川に広く存在していた。しかし、連続堤防の信頼性の向上と同時に霞堤は衰退し、20 世紀末から現在にかけて各地で閉鎖される施工事例が相次いでいる。連続堤防は、計画規模を下回る洪水に対しては霞堤よりも高い治水効果を発揮する一方で、一度破堤してしまうと大きな被害が発生することがある。近年、地球温暖化の影響により、計画規模を上回る規模の降水による連続堤防の決壊・氾濫に伴う洪水が頻発している。そこで、国土交通省は、防災・減災を目指して流域治水プロジェクト¹⁾を策定しており、その中でも多くの河川計画で霞堤について言及されている。本研究の対象河川である笛吹川を含む富士川水系流域治水プロジェクト 2.0 においても、被害対象を減らすための取り組みとして、霞堤の保全や整備、機能回復・拡充が挙げられている。

笛吹川は、隣を流れる釜無川の影響もあり、戦国時代から近代にかけて多数の霞堤が存在していた。しかしながら、笛吹川においても霞堤の閉鎖が進んでおり、平成 26 年 3 月の報告書²⁾では、治水効果が期待できる霞堤がわずか 2 箇所であることが報告されている。

連続する霞堤群に関する近年の既往研究として、例えば柴原ら³⁾は、五ヶ瀬川水系北川の現存する 6 つの連続霞堤を対象に、連続霞堤による治水効果を評価し、連続霞堤が相互に作用することで下流域の治水効果が高まることを指摘している。また、馬場ら⁴⁾は、滋賀県高時川の 2 箇所の霞堤を対象として河道・氾濫域を一体化したモデルを用いて数値解析を行い、令和 4 年 8 月豪雨において上流側の霞堤と下流側の霞堤がトレードオフの状態にあった可能性を指摘した。

一方で、個々の霞堤の評価には、浜口ら⁵⁾による全国の直轄河川を対象とした調査結果に基づく霞堤の形態分類を用いる事例が多い。石原ら⁶⁾は、地理院地図および Google Earth[®]を用いて全国 109 水系を調査し、浜口ら⁵⁾の霞堤の形態分類を用いて霞堤の構造を判別した。調査結

果を基にした数値解析により、河川緩流部における単独の霞堤の遊水機能を評価している。

笛吹川のような急流河川における霞堤では氾濫戻し機能が主体であることが古くから知られているが、これら霞堤が群として作用した場合、河道への還流水が下流に及ぼす影響は検討されていない。そこで本研究では、笛吹川を対象として、河川の特徴と霞堤の形態との関連について調査する。次に、分析結果に基づいて解析モデルを作成し、超過洪水を想定した洪水氾濫解析を行い、浸水深分布と下流河道水位の双方に着目することで、現在は閉鎖されている霞堤を再整備する場合を含めた超過洪水時における治水効果について検討する。

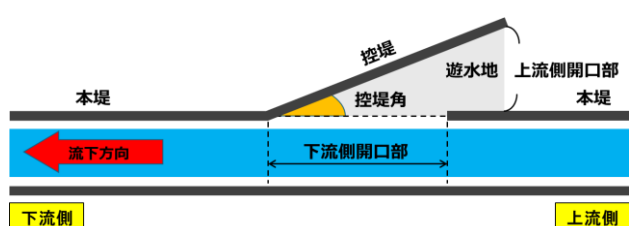


図-1 本研究における霞堤の構造および各部名称

2. 笛吹川霞堤群の概要

(1) 笛吹川流域の概要

笛吹川は、日本有数の急流河川である富士川の左支川である。山梨県北部の甲武信ヶ岳を源流として甲府盆地を北東から流下し、甲府盆地南西部において釜無川と合流して富士川となる。笛吹川の特徴として、最上流の観測所である亀甲橋観測所付近では河床勾配が1/60程度と非常に急流であるが、最下流の観測所である桃林橋観測所付近では河床勾配が1/1100程度と、約20kmの区間と短い区間の間に河床勾配が急激に変化していることが挙げられる。また、重川や日川、金川などの多数の支川が流入する点も特徴の一つである。

(2) 笛吹川霞堤群の調査結果

現地調査（2024年12月実施）およびGoogle Earth[®]、平成26年3月の報告書²を併用し、亀甲橋観測所から桃林橋観測所までの約20kmの区間を対象に霞堤の調査を行った。図-1に本研究が対象とする霞堤の構造および各部名称を記す。図-2は、調査によって確認された霞堤の位置を示した図である。報告書²に記載されていた治水機

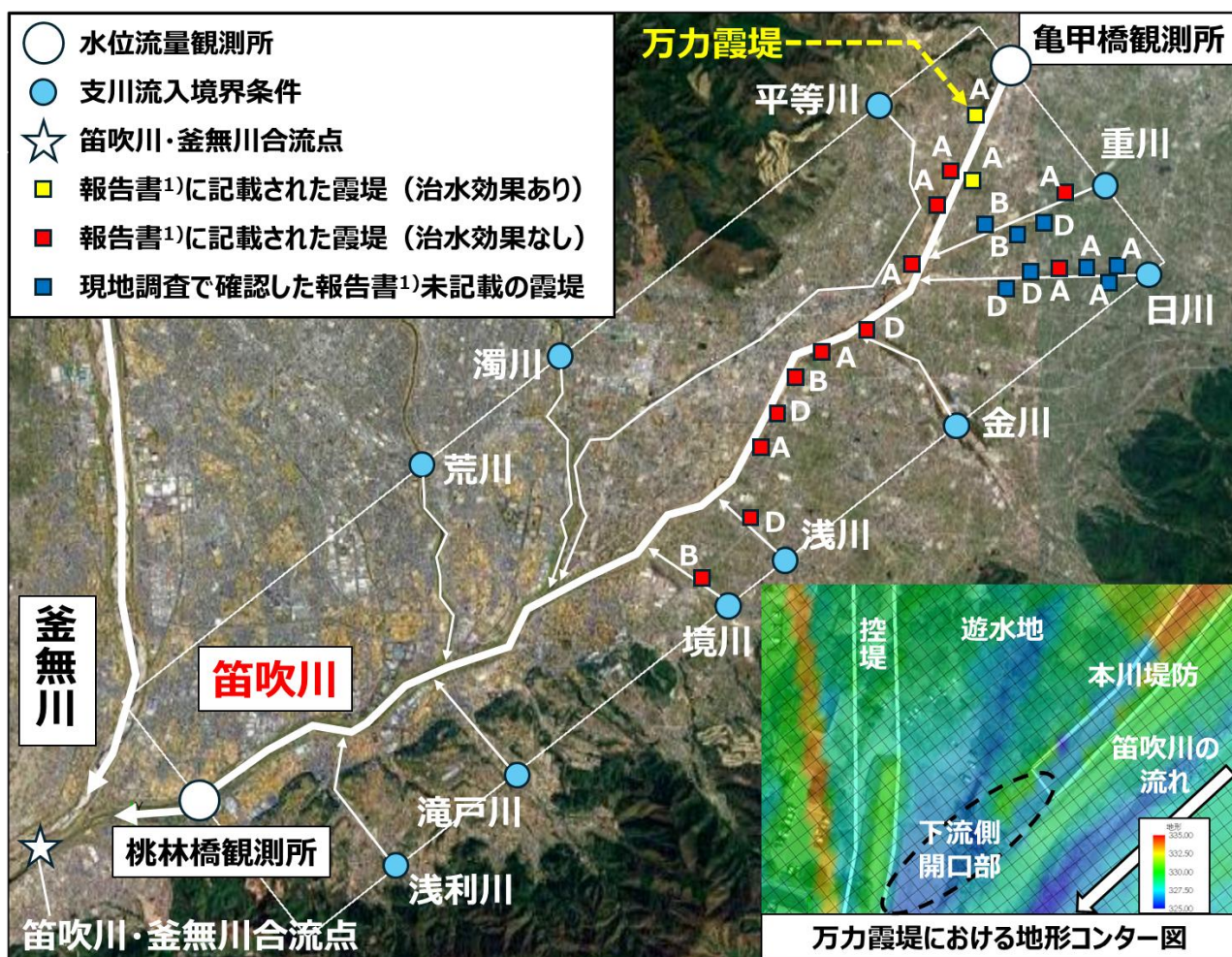


図-2 笛吹川流域の霞堤群の位置および構造分析

能を発揮する2箇所の霞堤（図-2 黄色）では、控堤の形状や遊水地の管理状況などから現在も治水機能が期待できると判断した。なお、本研究で治水機能とは氾濫戻し機能および遊水機能と定義する。また、平成26年3月の段階で治水効果が期待できないと判断されていた12箇所の霞堤（図-2 赤色）について、12箇所すべてにおいて、控堤などの霞堤の痕跡は確認できたものの、開口部の閉鎖や遊水地内部の開発などにより、現在では治水機能が期待できないことを確認している。加えて、調査の対象を主要な支川に拡大したところ、報告書²⁾では言及されていなかった霞堤を8箇所（図-2 青色）新たに確認した。

これらの合計22箇所の霞堤の構造を浜口ら⁹⁾の霞堤の形態分類（図-3）に基づいて分類した。浜口らはAタイプからDタイプまでを霞堤と定めており、Eタイプは霞堤ではないとしたが、本研究ではEタイプへの分類を含めて22箇所の霞堤の分類を改めて検討した。個々の霞堤の分類は図-2に記載した。笛吹川流域における霞堤の構造の傾向を表-1に示す。全国の一級水系における霞堤の構造の比率と比較すると、控堤の重複が無く、本川および支川の氾濫戻し機能を優先する構造の霞堤が優先的に整備されたためであると考えられる。

3. 数値解析

(1) 解析モデルおよび地形データ

本研究では、iRIC ver4.0 の Nays2DFlood (ver5.0)⁹⁾を用いて平面二次元不定流解析を行った。解析対象範囲は亀甲橋観測所から桃林橋観測所までの図-2の白い長方形で示す領域とし、計算格子には5mの正方格子を採用した。地形データには国土地理院の基盤地図情報数値標高モデル(1mDEM)¹⁰⁾をリサンプリングして作成した2.5mメッシュの標高データを用いた。

(2) 解析条件

本研究では、2023年6月1日12時～4日0時(60時間)に亀甲橋観測所において観測された生起確率1年の洪水時(ピーク流量167m³/s)の流量ハイドログラフを引き延ばすことにより仮想洪水を作成した。図-4は、本研究における笛吹川本川の流量ハイドログラフである。仮想洪水のピーク流量は、気候変動シナリオの流量変化倍率を参考に、笛吹川の計画高水ピーク流量の1.0倍(1,600m³/s)、1.2倍(1,920m³/s)、1.4倍(2,240m³/s)となるように設定した。また、亀甲橋観測所から桃林橋観

タイプ	A 控堤の重複あり	B 控堤の重複なし	C 控堤はなく山付き堤	D 支川流入	E 支川合流部無堤
概念図					
主な機能	氾濫戻し機能 遊水機能	氾濫戻し機能	氾濫戻し機能 遊水機能	氾濫戻し機能 遊水機能	遊水機能
摘要	霞堤の形態として分類される				支川の合流点処理のための無堤部(霞堤ではない)

図-3 霞堤の形態分類（浜口ら⁹⁾に一部加筆）

表-1 笛吹川流域における霞堤の構造の傾向

	笛吹川流域		全国の一級水系 (浜口らの研究)	
	数	比率(%)	数	比率(%)
霞堤の総数	22	-	302	-
Aタイプ	12	54.5	186	61.6
Bタイプ	4	18.2	37	12.3
Cタイプ	0	0	24	7.9
Dタイプ	6	27.3	28	9.3
Eタイプ	0	0	27	8.9

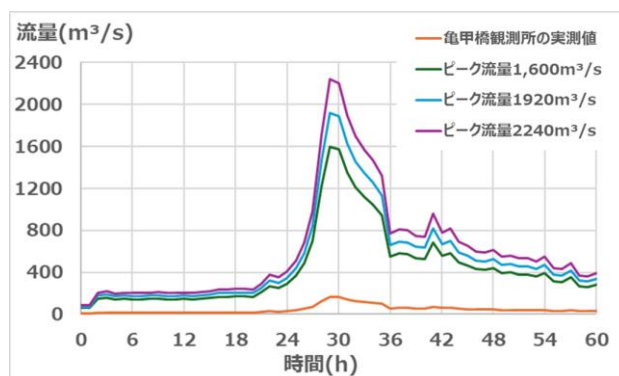


図-4 作成した笛吹川本川のハイドログラフ

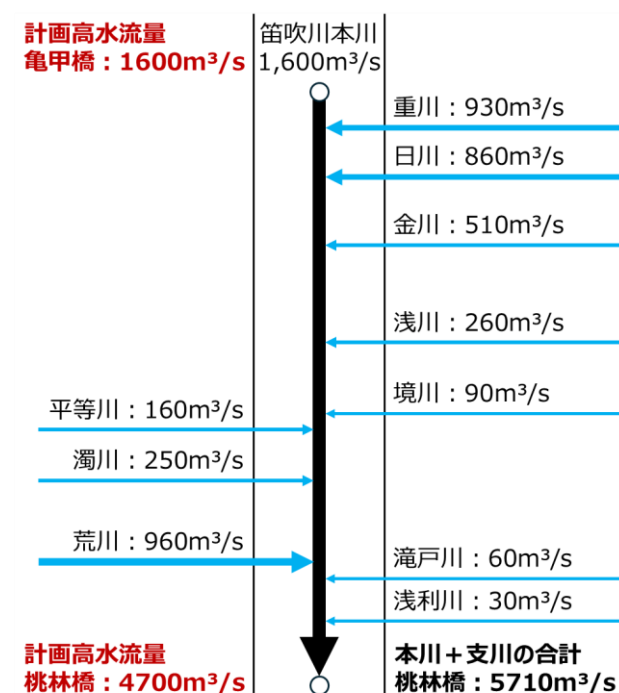


図-5 仮想洪水(計画高水流量1.0倍)の流量配分図

測所までの間に笛吹川本川に流入する多数の支川のうち、重川、日川、金川、浅川、境川、平等川、濁川、荒川、滝戸川、浅利川の 10 支川を考慮した。各支川の流量は、解析雨量を用いて RRIonIRIC による降雨流出解析を行い推定した。また、超過洪水の検討に際しては、笛吹川本川と同一の倍率を各支川にも適用する。なお、観測が限られている支川の流量は、本川と比較した流域面積比による値の 2 倍を上限とした。図-5 は、計画高水ピーク流量の 1.0 倍 (1,600m³/s) の仮想洪水における流量配分図である。ただし、これらは実測値との直接的な照合に基づくキャリブレーションを実施したものでなく、既存の河川計画等とは考え方が異なるため、桃林橋地点での計画高水流量とも差が生じている。また、本研究では、河道内・堤内地共に粗度係数は 0.03 と設定している。

(3) 霞堤のモデル化

計算モデルとして、報告書²⁾に記載されていた治水機能を発揮する 2 箇所の霞堤を含めて全て閉じた状態で計算する Case1、報告書に記載されていた治水機能を発揮する 2 箇所の霞堤のみ考慮した状態で計算する Case2、本研究における 22 箇所すべての霞堤を考慮した状態で計算する Case3 の 3 つのモデルを作成した。Case3 では、前章で治水機能が期待できないと判定された霞堤を数値解析上で治水機能を有する霞堤として再現するため、地形高を浜口ら⁹⁾による霞堤の形態分類に基づいて改変して設定した。なお、本研究における地形高の改変は、実際の河川整備案を提示するものではなく、過去に存在した霞堤の機能を数値解析上で表現し、霞堤形態の違いによる相対的な効果を比較するための仮想的条件である。対象箇所の当時の詳細な形状データが残っていないため、現状地形を基に、遊水地部分の嵩下げおよび控堤部分の嵩上げにより、当時の霞堤が有していたと考えられる地形的特徴を簡略的に表現した。タイプ A に該当する霞堤については、控堤部分を 3m 嵩上げするとともに、遊水地部分を現在の勾配を維持したまま一律 2m 嵩下げした。一方、タイプ B に該当する霞堤については、遊水機能よりも氾濫戻し機能が卓越すると考えられるため、控堤部分を 3m 嵩上げし、遊水地部分の地形高は現状のままとした。また、タイプ D に該当する霞堤については、遊水地部分を現在の勾配を維持したまま一律 2m 嵩下げし、控堤部分は設定しないものとした。

4. 計算結果と考察

(1) モデルの妥当性の検証

まず、解析モデルの妥当性を確認するために、2023 年 6 月 1 日 12 時～4 日 0 時 (60 時間、生起確率 1 年程度の

表-2 本稿における解析ケース

ケース番号	モデル	笛吹川本川のピーク流量
Case1-1600	Case1	1,600m ³ /s
Case2-1600	Case2	1,600m ³ /s
Case3-1600	Case3	1,600m ³ /s
Case1-1920	Case1	1,920m ³ /s
Case2-1920	Case2	1,920m ³ /s
Case3-1920	Case3	1,920m ³ /s
Case1-2240	Case1	2,240m ³ /s
Case2-2240	Case2	2,240m ³ /s
Case3-2240	Case3	2,240m ³ /s

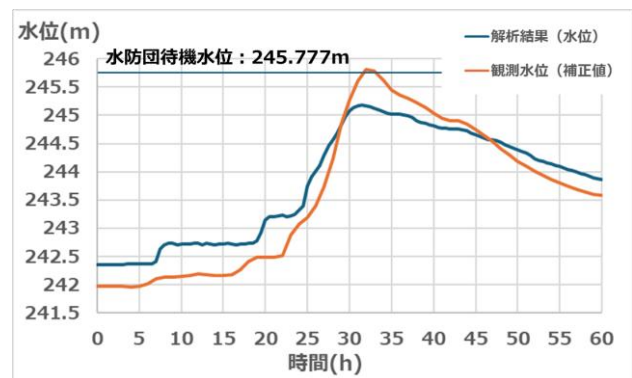


図-6 桃林橋観測所における検証結果

出水) を対象として再現計算を行った。本川上流端には亀甲橋観測所で観測された流量ハイドログラフを与え、支川については降雨流出解析により推定した流量ハイドログラフを流入条件として与えた。解析モデルには、現況の笛吹川の状況を最も適切に表現している Case2 を用いた。

解析結果は桃林橋観測所における観測水位と比較した。観測水位は、同観測所で観測された水深に零点高 (243.977m) を加えることで算定した。図-6 に桃林橋観測所における解析水位と観測水位の比較を示す。ピーク付近では解析結果が観測値をやや下回るものの、グラフの概形が概ね一致していることから、本研究の目的に照らし、以降の超過洪水における解析に用いる。

(2) 超過洪水時における霞堤群の治水効果

本稿において実施した解析ケースを表-2 に示す。図-7、図-8、図-9 は、それぞれ桃林橋観測所における水位が最大となった解析開始から 30 時間経過時の Case1-2240、Case2-2240、Case3-2240 の結果である。各図の白色点線で示した範囲において、浸水状況の違いが確認された。領域 A では、Case1-2240 において堤内地に浸水が広がっている一方で、Case2-2240 および Case3-2240 では同領域の浸水範囲が縮小した。これは、現在も治水機能を有する

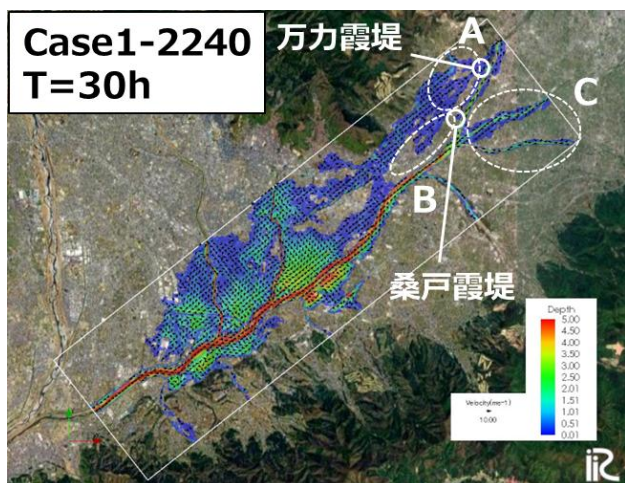


図-7 30時間経過時の Case1-2240 の結果

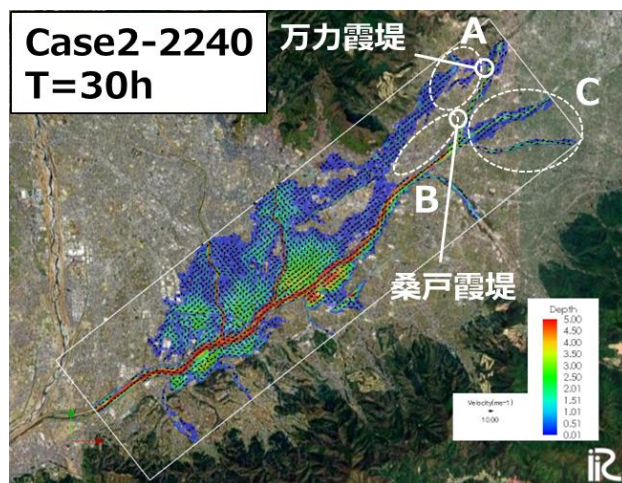


図-8 30時間経過時の Case2-2240 の結果

2箇所の霞堤のうちの1箇所である万力霞堤により、上流側で発生した氾濫流が河道内に戻され、下流側への流下が抑制されたためと考えられる。

これに対して領域Bでは、Case3-2240のみにおいて浸水が確認された。これは、Case3-2240において現在は治水機能が期待されていない桑戸霞堤に遊水機能を持たせたことで局所的に流れが集中し、上流側の開口部から氾濫流が流出したためと考えられる。計画高水規模を対象としたCase3-1600においても同様の傾向がみられたことから、桑戸霞堤については、霞堤として再整備する場合よりも、連続堤防として整備した方が治水上有利である可能性を示している。また、領域CではCase3-2240において浸水が確認され、重川および日川沿いの霞堤群を考慮したことが影響したものと考えられる。

続いて、図-10に示すように、笛吹川本川、重川および日川の河道内の7地点（亀甲橋観測所から3.22km地点、3.48km地点、3.71km地点（重川）、6.44km地点（日川）、10.67km地点、13.15km地点、19.90km地点）を設定し、表-3の9ケースを対象として、桃林橋観測所における水位が最大となった解析開始から30時間経過時の水位を比較した。表-3に各地点の水位を示す。地点①から地点④においては、いずれの流量条件においても、22箇所すべての霞堤を考慮したCase3において最も水位の低下が確認された。これは、地点④より上流側に設置したタイプAの霞堤により、洪水流の一部が遊水地内で一時的に貯留されたことで、河道内を流下する流量が減少したためだと考えられる。したがって、地点①から地点④における水位低下は、上流側の霞堤を復元したことによる氾濫流の分散のみならず、霞堤の遊水機能による一時貯留の影響を含むものと解釈される。

一方、地点⑤では、ピーク流量を $2,240\text{m}^3/\text{s}$ に設定した場合に限り、Case3において河道内の水位のわずかな上昇が確認された。これは、地点④と地点⑤の間に氾濫戻し機能が卓越するタイプBおよびタイプDの霞堤を設

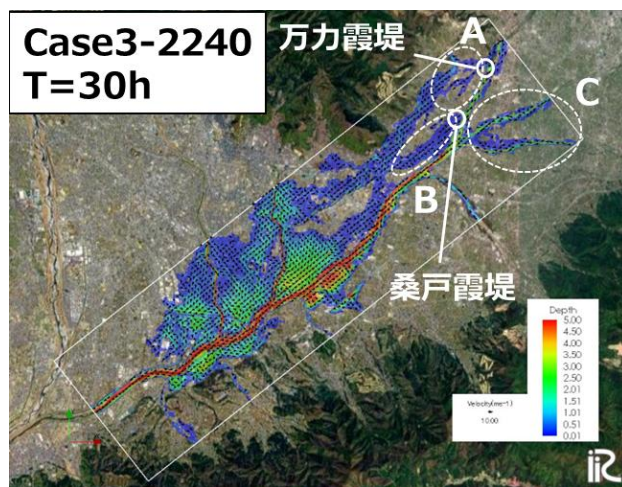


図-9 30時間経過時の Case3-2240 の結果



図-10 水位比較地点

表-3 解析開始から30時間経過時の各地点の水位

ケース番号	地点① 3.22km	地点② 3.48km	地点③ 3.71km	地点④ 6.44km	地点⑤ 10.67km	地点⑥ 13.15km	地点⑦ 19.90km
Case1-1600	294.741	290.805	289.117	271.624	259.656	257.553	249.066
Case2-1600	294.741	290.805	289.116	271.624	259.656	257.552	249.065
Case3-1600	294.739	290.804	289.049	271.588	259.677	257.539	249.059
Case1-1920	295.027	291.024	289.405	272.037	260.094	257.946	249.222
Case2-1920	295.030	291.031	289.411	272.046	260.101	257.950	249.223
Case3-1920	293.616	290.605	288.521	270.821	258.91	256.993	248.762
Case1-2240	295.307	291.237	289.641	272.431	260.435	258.124	249.283
Case2-2240	295.342	291.255	289.652	272.452	260.449	258.129	249.284
Case3-2240	295.315	291.237	289.545	272.428	260.517	258.126	249.283

定したことにより、氾濫戻し機能が作用して河道内流量が増加したためと考えられる。ただし、地点⑤においては、ピーク流量 $1,600\text{m}^3/\text{s}$ の結果では水位に顕著な差が見られず、ピーク流量 $1,920\text{m}^3/\text{s}$ の結果では、Case3において水位が低下していることから、当該区間の霞堤による効果は洪水規模に応じて異なり、安定して大きな治水効果を示すものではないと考えられる。また、地点⑥および地点⑦では、いずれのケースにおいても大きな水位の変化は確認されなかった。

以上より、笛吹川における霞堤群の治水効果は一様ではなく、上流側の霞堤群は金川合流部付近より上流の河道内水位の低下と下流側堤内地の浸水抑制に寄与する一方で、すべての霞堤が同様に有効ではないことが示された。また、笛吹川の霞堤群は主に氾濫戻し機能を有するため、水位低減効果が広範囲に及ばない可能性が示唆された。したがって、笛吹川における霞堤群の機能を評価する際には、個々の霞堤が元々有していた機能に加えて、霞堤周辺および下流域における氾濫範囲、浸水深、河道内水位などへの影響を合わせて検討することが重要である。

5. おわりに

本研究では、富士川水系の笛吹川を対象として、現地調査および報告書²⁾に基づき、霞堤群の分布と形態を整理するとともに、超過洪水を想定した洪水氾濫解析により、霞堤群の治水効果について検討した。その結果、笛吹川では浜口らの調査に基づく全国的な霞堤の傾向と比較して、氾濫戻し機能が卓越するBタイプおよびDタイプの霞堤の比率が高いことが確認された。これは、笛吹川が急流河川であり、多数の支川を有するという河川特性が霞堤の構造に反映されている可能性がある。また、数値解析の結果、万力霞堤のように氾濫戻し機能によって上流側の氾濫流を捕捉し、下流側の堤内地への流下を抑制する霞堤が確認された一方で、桑戸霞堤のように再整備した場合の効果が限定的、あるいは局所的な流れの集中により、上流側の開口部から氾濫流が流出し、堤内地の浸水範囲の拡大を招く可能性のある霞堤も確認された。さらに、霞堤群は氾濫戻し機能を有するため、水位低減効果が下流域の広範囲に及ぶとは限らない可能性が示唆され、中流域より下流側の超過洪水に対しては別途検討が必要である。したがって、将来的に霞堤群の保全・再整備を検討する際には、本研究で示したように、個々の霞堤の形態、設置位置、河道勾配、支川合流条件、遊水地や背後地の土地利用などに加えて、過去に有していた地形的特徴や機能、そして将来的な水理条件を踏ま

え、遊水機能と氾濫戻し機能のいずれが有効に作用するかを評価することが重要であると考えられる。

今後は、より妥当性の高い流量配分条件の設定や複数洪水を対象とした検証を行うとともに、霞堤周辺の土地利用や内水挙動も考慮した解析を進めることで、笛吹川における霞堤群の実効的な保全・再整備方策についてさらに検討を深める必要がある。また、笛吹川だけでなく、釜無川における霞堤も検討することで、富士川水系としての霞堤群の治水効果を評価する必要がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：流域治水プロジェクト，
https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_pro/index.html，2026年4月2日閲覧。
- 2) 「南アルプス市 霞堤を活かした防災まちづくり」に向けた検討会：報告書「南アルプス市 霞堤を活かした防災まちづくり」に向けた検討会，2014年3月。
- 3) 柴原孔太郎，入江光輝：北川連続霞堤の複合的效果と開口部高さ改変による高機能化の検討，土木学会論文集，Vol.82，No.16，25-16070，2026。
- 4) 馬場大輝，築山省吾，辻光浩，瀧健太郎：令和4年8月豪雨時の高時川霞堤の機能評価と保全方策の検討，河川技術論文集，29，pp.413-418，2023。
- 5) 馬場大輝，瀧健太郎：霞堤周辺の流況分析時における河道域・氾濫域の二次元一体解析の有効性，河川技術論文集，31，pp.427-432，2025。
- 6) 浜口達男，金木誠，中島輝雄：霞堤の全国実態と機能，土木技術資料，29(5)，pp.241-246，1987。
- 7) 石原慎也，田中規夫，五十嵐善哉：全国一級水系を対象にした霞堤構造の分類と数値解析に基づく洪水調節機能評価と機能増進に関する考察，土木学会論文集，Vol.81，No.16，24-16021，2025。
- 8) GoogleEarth：<https://earth.google.com/>，2026年4月2日閲覧。
- 9) iRIC Software：Nays2DFlood，
<https://i-ric.org/solvers/nays2dflood/>，2026年4月2日閲覧。
- 10) 国土地理院：基盤地図情報ダウンロードサービス，
<https://www.gsi.go.jp/kiban/>，2026年4月2日閲覧。
- 11) 国土交通省：水文水質データベース，
<https://www.l.river.go.jp/>，2026年4月2日閲覧。
- 12) 国土交通省関東地方整備局甲府河川国道事務所：富士川水系流域治水プロジェクト，2025年5月30日公表，
<https://www.ktr.mlit.go.jp/koufu/koufu00992.html>，2026年4月2日閲覧。
- 13) iRIC Software：RRI on iRIC，<https://i-ric.org/solvers/rri-on-iric/>，2026年4月2日閲覧。

(2026.4.2 受付)