

温井ダム貯水池における洪水の流動に関する研究 Study on behavior of flood flows in the Nukui dam reservoir

大野 純暉 (河川工学研究室)
Jyunki Oono / River Engineering Lab.

Key Words : water surface profiles, dam reservoir, flood propagation, storage volume

1. 序論

今後洪水規模が大きくなることが予想される中で、洪水時のダム貯水池における洪水管理はダム下流流域への被害を減ずるために重要である。

一般に洪水時のダム貯水池への流入量は、堤体付近で測られた1点の水位時系列データから求まる貯留量(H-V関係)とゲートの式から求まる放流量との連続関係から算出され管理されている。しかし、この手法では、貯水池内の流動に伴う水位・流量ハイドログラフの伝播について十分考慮されていない。矢野ら¹⁾は、ダム貯水池内とその遷移区間の水位波形の伝播について実験的考察を行ったが現地での検討は行われていない。塚本ら²⁾は貯水池及び貯水池の上・下流河川において縦断的に水位計を設置し、観測された水面形時系列データを用いて草木ダム貯水池内の水位波形の変形や貯留、ダム放流量や流入量について分析を行い、多くの重要な成果を得ている。しかし、貯水池形状の異なるダムや規模の異なる洪水の検討はされていない。本研究では草木ダムで行われた検討と同様の方法で、温井ダムとその上・下流河川において平成27年8月洪水を対象に観測時系列水面形データを用いた洪水流解析を行い、ダム貯水池での洪水波形の伝播、現行のダム流入量、放流量の算定法の精度を分

析することを目的とする。

2. 温井ダムの特徴と対象洪水

温井ダムは、太田川水系滝山川に位置する多目的ダムである。表-1は、温井ダムと対比のため草木ダムの諸元を示している。温井ダムの総貯水容量は8200万m³で草木ダムの総貯水容量6050万m³よりも大きい。また、温井ダムは複雑な貯水池形状を有する。平成27年8月洪水のダムへの流入量は230m³/s、放流量は80m³/sであったのに対し既往最大洪水であった平成17年9月洪水では、ダムへの流入量は650m³/s、放流量は400m³/sであり、本洪水は既往最大洪水の約1/3の規模の洪水であった。平成27年8月洪水では図-1に示すように黒滝観測所(6.3k)からダム堤体までの区間とダム下流河川で縦断的に水位計が設置され計測されている。図-2は上流河川区間およびダム貯水池で観測された水位ハイドログラフを示す。上流河川区間の5.8k~4.9kは4時間後に水位ピークとなり、貯水池内の4.1k~0.05kは7時間後に水位ピークとなり、貯水池の水位ピークは上流河川と比べて3時間程度遅れている。4.58kは貯水池と上流河川区間で見られる水位ピークを2つ持つ遷移区間のハイドログラフとなっている。



図-1 水位観測状況

	草木ダム	温井ダム
形式	重力式コンクリート	アーチ式コンクリート
集水面積(km ²)	254	253
湛水面積(km ²)	1.7	1.6
総貯水容量(m ³)	60,500,000	82,000,000
有効貯水容量(m ³)	50,500,000	79,000,000

表-1 ダム諸元

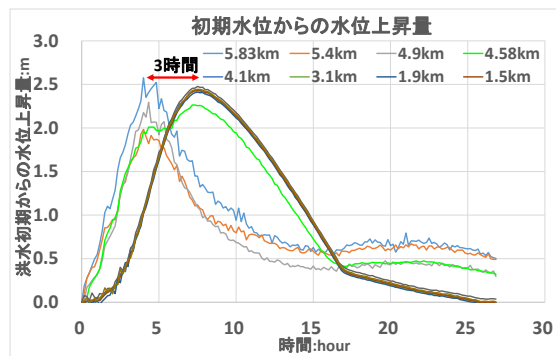


図-2 ダム上流および貯水池内の観測水位ハイドログラフ

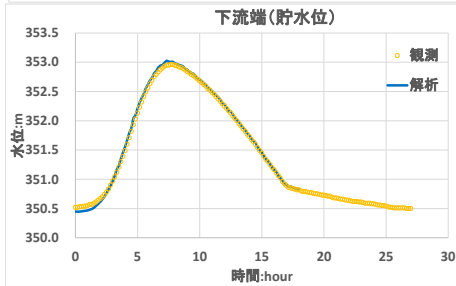
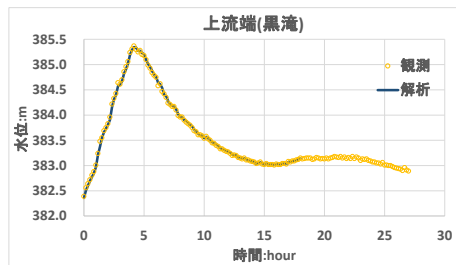


図-3(a) I区間の境界条件

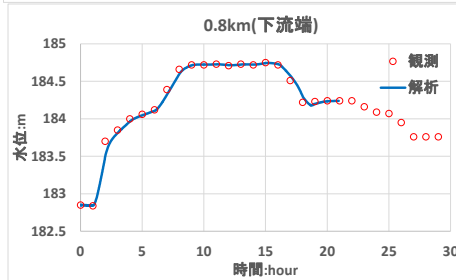
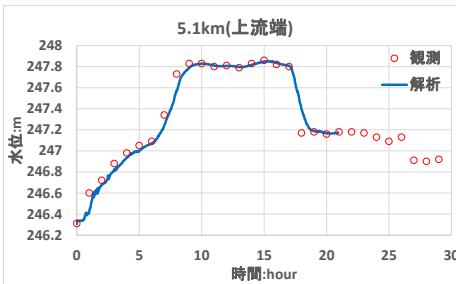
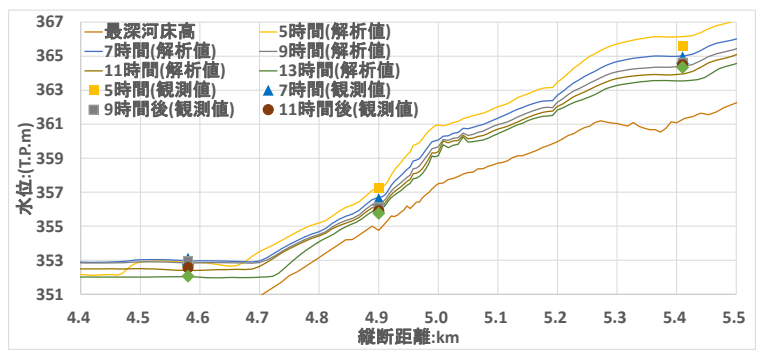
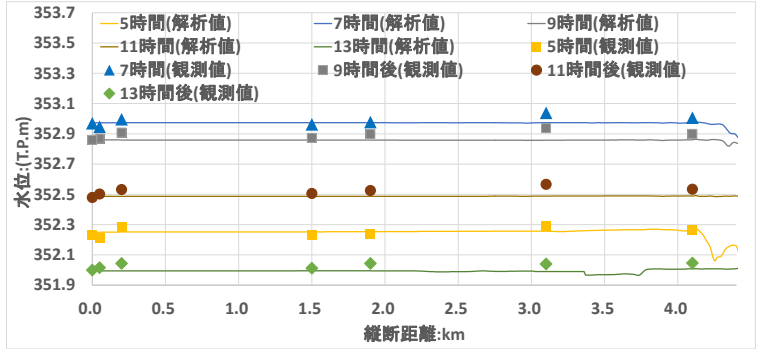


図-3(b) II区間の境界条件



(a) 黒滝-遷移区間



(b) 湛水区間

図-4 Iの区間の水面形

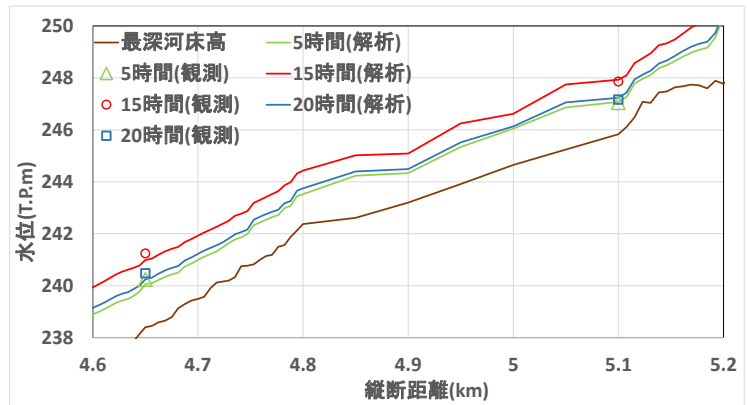


図-5 IIの区間の水面形

3. 解析方法

解析はIとIIの2つの区間に分けて検討を行った。尚、IIの区間の0.25kの簡易水位計は、滝山観測所(0.8k)の下流で分流し、太田川との合流点に近い対象区間から外した。解析方法は、ダム貯水池内で鉛直方向流速が小さいと考えられるため、静水圧分布を仮定した内田・福岡の底面流速解析法³⁾をI及びIIの対象区間に適用した。解析の境界条件は水位ハイドログラフであり、図-3に示すIの区間の上流端に黒滝観測所の水位ハイドログラフ、下流端に観測された貯水位ハイドログラフを与え、IIの区間では、上流端に5.1k地点の水位ハイドログラフ、下流端に滝山観測所(0.8k)の水位ハイドログラフを与えている。図-3に示すように各上下流端ともに解析水位が観測水位に合うよう定めている。粗度係数は、観測水面形の時系列データを再現するように、Iの区間ではダム貯水池内 $n=0.025$ 、ダム上流河川区間で $n=0.070$ を与え、IIの区間では $n=0.085$ を与えた。地形データは平成26年の横断測量データを用いた。横断図は、貯水池内で300m、

ダム上・下流河川区間で200mの縦断間隔で測定されたものを用いた。Iの区間の複雑な地形や河道線形等は、平面図の等高線や航空写真を参考に解析メッシュを作成した。

4. 解析結果と考察

(1) 水面形の解析結果

図-4, 5はIの区間およびIIの区間での解析水面形と観測水面形の時系列の比較を示す。ここで、Iの区間の5.83k地点、IIの区間の後平観測所(3.7k)は水位計の零点高に問題があったものと考えられるため除いている。図-4(a)より5.4kの解析水位はピーク時に観測水位を下回り、水位が低い時間帯では解析が観測よりも高くなっている。これは、5.4k周辺には大きな岩があり、水位が低い時間帯は岩の抵抗が大きく効くが、水位が高くなると抵抗が小さくなる、測量断面間の複雑な地形を十分に再現できていないことが差の原因と考えられる。今後、洪水流の受ける抵抗の時間的変化を考慮して観測水面形を再現する必要がある。図-5はIIの区間での解析水面形

と観測水面形の時系列の比較を示す。4.65kで水位ピーク時に観測水位が解析水位よりも高くなっており、IIの区間もIの区間と同様に観測水面形を再現する必要がある。

(2) ダム流入量と放流量、貯留率について

図-6は、下流河川の水面形時系列データを再現した解析結果から得られた水位を用いて求めた放流量とゲートの式から求まる放流量の比較を示す。解析水面形から得られる放流量とゲートの式から求まる放流量はほぼ一致している。本洪水は比較的小規模な洪水ではあるが、ゲートの式は貯水池からの放流量を十分な精度で算定できることが分かる。

次に、ダム貯水池への流入量と貯留率について述べる。図-7は上流河川の解析水面形時系列から得られるダム流入量とH-V関係から求まる流入量のハイドログラフを示す。解析流入量はピーク付近で40m³/s H-V関係から求まる流入量よりも多く計算されている。これは、図-4(a)より上流河川の解析水面形が観測水面形の時間変化を十分に再現できていないためであると考えられる。図-8はH-V関係を用いて算出した貯留率と解析の貯留率の比較を示す。ここで、解析貯留率は以下のように算出した。

$$Q_{in} - Q_{out} = \frac{ds}{dt} \quad (1)$$

ここに、 Q_{in} ：上流河川からの流入量、 Q_{out} ：下流河川への放流量、 S ：貯留量を示す。図-7より解析の貯留率がH-V関係による貯留率とほぼ同様であることが分かる。これは、本洪水のような小規模な洪水では、貯水池内のほぼすべての領域が湛水域であり流動が小さく、流動の大きい遷移区間は湛水域に比べ相対的に狭いためであると考えられる。よって、本洪水のような小さい規模の洪水では、H-V関係は十分な精度を有していることが分かる。

(3) 上流河川とダム貯水池の流量波形の伝播と流動

図-9は解析流量ハイドログラフを示す。湛水域の波形が振動している原因は、水際で大きな流速が生じていることや、計算の Δt の大きさに課題があるためであると考えられる。図-9より、4.6kより上流では流量波形は形をほとんど変えずに流下し、4.6kより下流では流量ハイドログラフが変形し始め、堤体の直上流である0.025kまでの区間で変形していることが分かる。特に、2.1kから1.2k、1.2kから0.025kの間では流量ハイドログラフの変形が大きい。そこで、遷移区間周辺と流量ハイドログラフが大きく低減している2.1kから1.2kの貯水池内での流動について分析する。

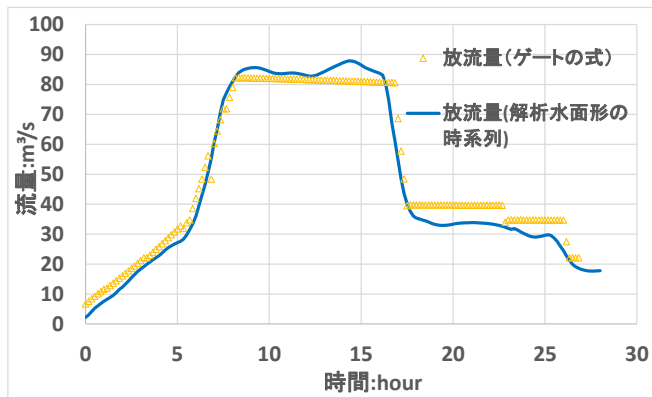


図-6 放流量ハイドログラフの比較

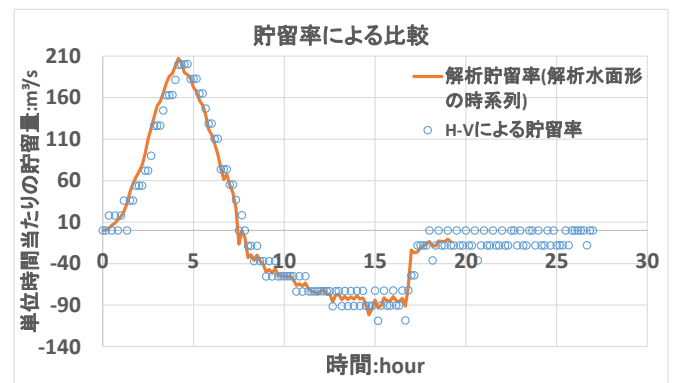


図-8 貯留量の比較

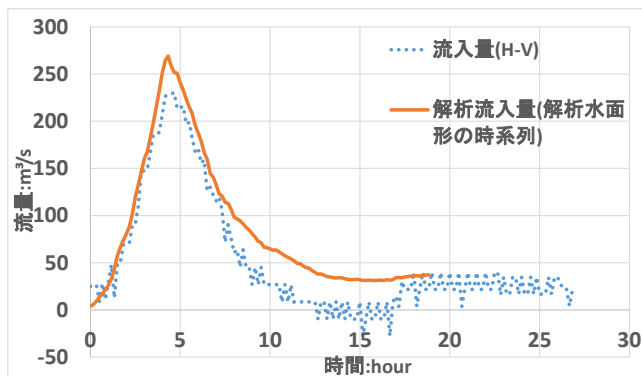


図-7 流入量ハイドログラフの比較

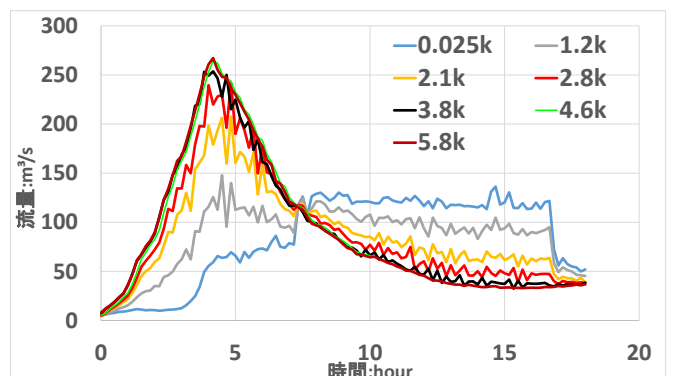


図-9 貯水池内の流量ハイドログラフ

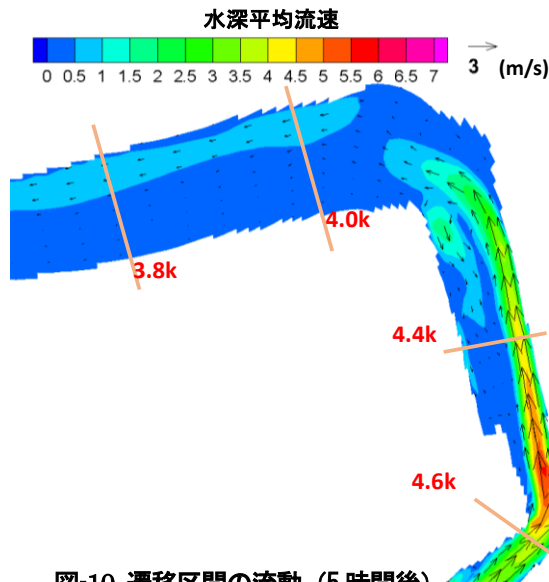


図-10 遷移区間の流動 (5 時間後)
(コンター, ベクトルは水深平均流速を示す)

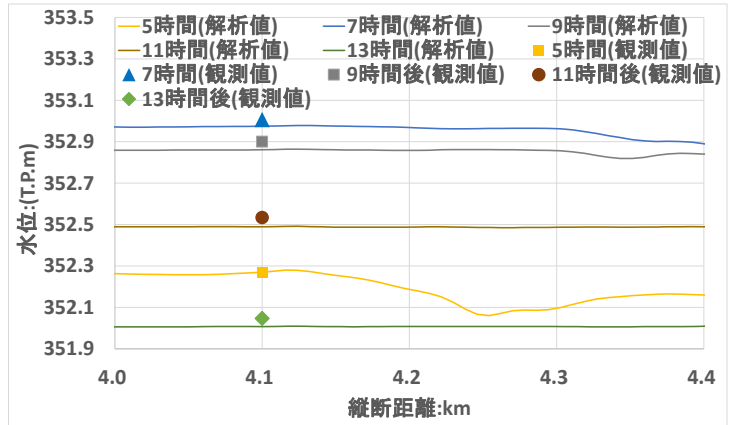


図-11 遷移区間の水面形の拡大図

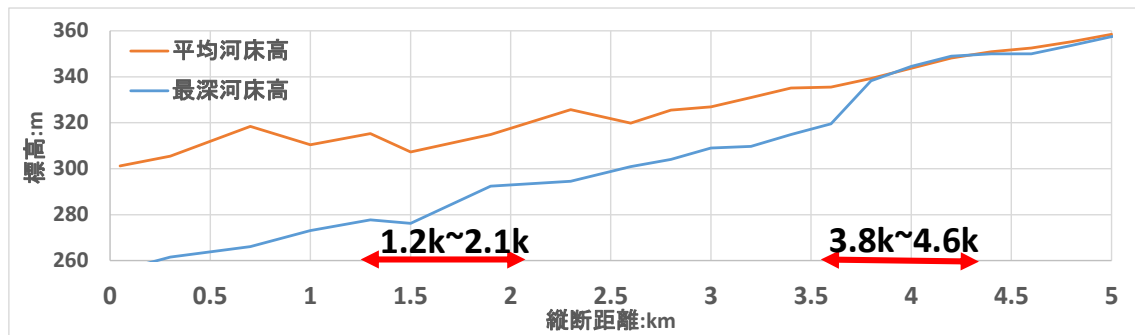


図-12 貯水池内の平均河床高と最深河床高

図-10は、流量ハイドログラフの変形が大きい5時間後の遷移区間での流動を示し、コンター図、ベクトルは水深平均流速を示す。また、図-11には遷移区間周辺の水面形、図-12は貯水池内の最深河床高と平均河床高を示す。図-10より、流速が低減し流量ハイドログラフが変形し始める遷移区間周辺では、上流河川の大きな慣性力を持った流れが湛水域に流入する。また、図-11で示すように、5時間後の水面形は大きな水位差を有している。さらに、湾曲部では渦を形成し、複雑な流れ場となっている。また、縦断的に水深が深くなる3.8k周辺は、流速が低減している。図-12より、貯水池内の地形が複雑な湛水区間では、2.1kと1.2kの間で水深が深くなること、2.1kより下流で河幅が急拡することによって流速が低減しており、流量ハイドログラフの逓減率が大きいことが推定される。

5. 結論

本研究では、平成27年8月洪水を対象とし、温井ダム貯水池への流入量と放流量の算定法の精度の検証と水位・流量ハイドログラフの時空間的な変化と貯水池内の流動について考察した。本洪水のような規模の小さな洪

水での検討結果、現行のゲートの式から求まる放流量と、H-V関係から求まる流入流量は比較的精度よく解析できることを示した。また、流量ハイドログラフが変形し始める区間では複雑な流動を有していることが分かった。今後はダム上流河川と下流河川での粗度係数等の見直しを行い、より精緻な解析を行うことが必要である。また、既往最大洪水である平成17年9月洪水や今後発生する洪水について、ダム上・下流河川にて水位・流量観測を行い、洪水規模の違いを明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 矢野勝正, 芦田和夫, 高橋保: 境界条件による洪水流の変形に関する研究(第1報), 京都大学防災研年報, 8, pp.257-270, 1965.
- 2) 塚本洋祐, 由井修二, 福岡捷二: ダム貯水池の洪水流入量・放流量ハイドログラフと洪水伝播機構に関する研究, 第20巻, 河川技術論文集, 第20巻, pp.247-252, 2014.
- 3) 内田龍彦, 福岡捷二: 非平衡粗面抵抗則を用いた一般底面流速解析法の導出と局所三次元流れへの適用, 土木学会論文集B1(水工学), Vol. 71, No. 2, pp. 43-62, 2015.