

洪水流による物部川河口礫州の開口機構に関する研究

Study on flushing mechanisms of river mouth sandbar due to flood flows in the Monobe River

18N3100025J バック シー ハイ (河川工学研究室)
BACH SY HAI/ River Engineering Lab.

Key Words : Monobe river, river mouth gravel bar, flood flow, bank erosion, observed water surface

1. 序論

高知県を流れる物部川は河口部でも河床勾配が約1/280と急であり、河口には礫州(河口礫州)が発達している。河口礫州は、洪水流により開口するものの、波浪により押し戻され頻りに河口を閉塞する(図-1(a))。河口閉塞は、洪水時に河道内の水位を上昇させることで堤防越流や狭くなった開口部への洪水流の集中による河岸侵食の発生危険性を高める。このため、洪水流による河口礫州の開口機構の解明は、河口部の管理上の重要な課題となっている。

本研究では、洪水流による河口礫州の開口幅の変化が河口部区間の洪水水面形の変化に現れることに着目し、観測水面形の時間変化に基づいて平成26年8月洪水による河口礫州の開口機構を明らかにすることを目的とする。

2. 平成26年8月洪水と水位観測体制

(1) 平成26年8月洪水

図-2は平成26年8月洪水時の深淵観測所(3.65km)の流量、図-3は戸原観測所の有義波高と高知港の潮位、戸板島観測所(6.2km)の水位である(観測所の位置は図-4を参照)。平成26年8月洪水(最大流量2700m³/s)は、ピークが2波形であり、洪水1波目から洪水2波目の間に約4m程度の高波浪が生じている。

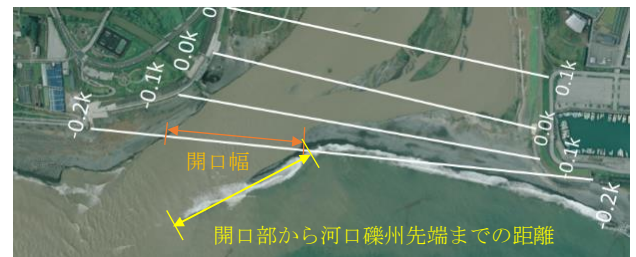
図-1は平成26年8月洪水前後に撮影された物部川河口部の航空写真である。図-1(a)は平成26年1月に撮影されたものである。図-1(b)は、平成26年8月洪水の2波目終了時(8/11 15:00)に撮影されたものである。これらの比較から、洪水により河口礫州の開口幅が大きく拡大していること、開口部上流の右岸側の河岸が侵食されていることが分かる。

(2) 水位観測体制

図-4は、平成26年8月洪水時の水位観測地点を示す。洪水時の河口礫州の開口機構を把握するため、200m~400m間隔で圧力式水位計を設置し、洪水時の水面形の観測が行われた。



(a) 洪水前(平成26年1月)



(b) 洪水直後(平成26年8月11日 15:00)

図-1 平成26年8月洪水前後の物部川河口礫州

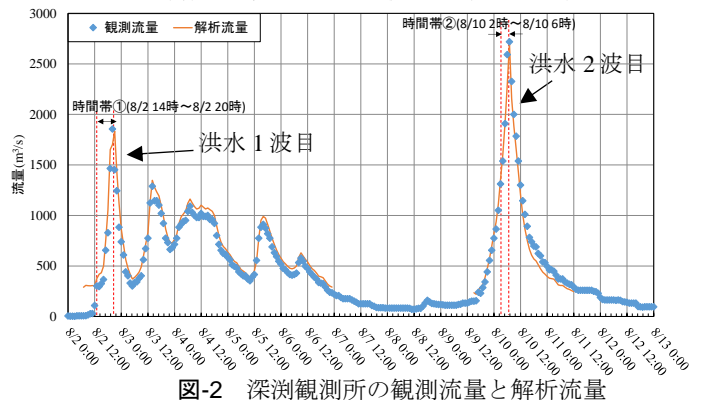


図-2 深淵観測所の観測流量と解析流量

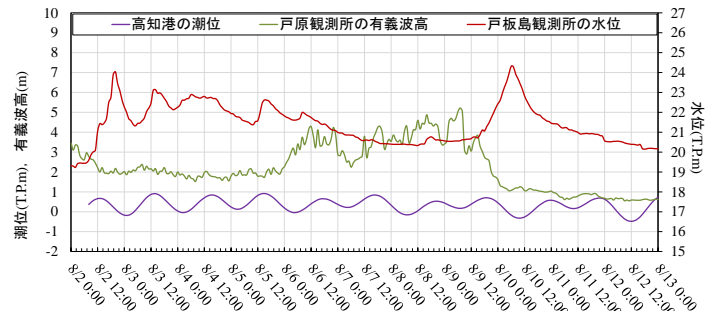


図-3 戸板島観測所の水位、高知港の潮位、戸原観測所の有義波高

3. 観測水面形の時間変化に基づいた河口礫州の開口機構の検討

(1) 解析区間・条件

解析区間は図-4 に示す海域～8.4km 区間とする。上下流端の境界条件は戸板島観測所(6.23km)の水位ハイドログラフ、高知港の潮位ハイドログラフ(図-3)をそれぞれ与える。図-5 は河床変動解析に用いる粒度分布を示す。河口礫州を構成する粒度の分布は、河道部よりやや細かいがほとんどが礫である。

解析の初期地形は、平成 25 年 3 月の定期横断測量成果、平成 26 年 5 月の河口礫州周辺の等深浅図を用いて作成した。

(2) 解析方法(解析法 1)

地形変化の大きい河口礫州周辺の洪水流と河床変動を解析するために、洪水流の解析には非静水圧準三次元解析法(Q3D-FEBS)⁹⁾を用いる。粒径別の掃流砂量は芦田・道上式を用い、河床変動を計算する。また、河口礫州の開口幅の拡大と河岸侵食については以下に示す側岸侵食モデルを用いて解析する。

- 1) 水際の実計算格子の河床高が洪水により洗掘を受けて低下し、側岸の斜面角度が安息角度($\theta=30$ 度)より大きくなる(図-6(a))。
- 2) 側岸の斜面角度が安息角と一致するように水際の実計算格子の河床高を修正する(図-6(b))。

(3) 解析結果と考察

図-7 に洪水 1 波目と洪水 2 波目の増水期における解析水面形と観測水面形の比較を示す。解析水面形は 0.8km から上流区間の観測水面形を説明できているが、0.8km から下流の河口区間の観測水面形を説明できていない。特に洪水 1 波目の解析水面形は観測水面形に比べて高くなっている。図-8 は -0.1km と -0.2km 地点の解析横断面形状と観測横断面形状の比較、図-9 は洪水 2 波目終了時の航空写真と同時刻の解析結果を水のある部分を青く塗りつぶして比べたものである。図-8(a)の-0.1km については、河岸侵食量の検証のために、平成 27 年 3 月の横断測量結果を示している。図-8(a), (b)に示す解析結果は-0.1km 地点で河岸侵食が発生しているものの実測に比べて小さく、-0.2km 地点の開口幅も航空写真から確認されるものより小さい。また、図-9(a), (b)の比較から、本解析法では河口域の堆積形状と河道の砂州の形について再現できなかった。

図-8(b)に示すように、本解析では開口部の中央部が大きく洗掘し、河岸や河口礫州の斜面上での拡幅は小さいことが分かる。これは、砂河川を対象とした平衡流砂量式や河岸からの崩落土砂の輸送過程が考慮されていない側岸侵食モデルでは、適用性に限界があるものと考えられる。このため、以下では、河口礫州の開口



図-4 水位観測体制と潮位、有義波高の観測点

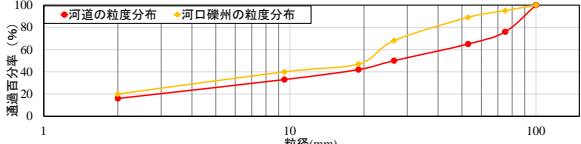
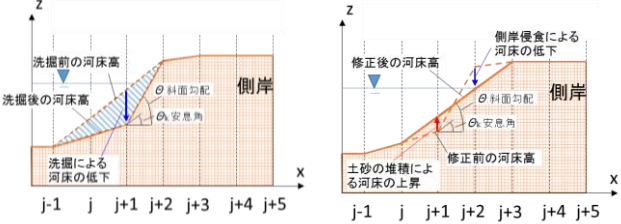


図-5 解析で用いた粒度分布



(a) 洗掘による水際の実計算格子の河床高の低下 (b) 側岸侵食による水際の実計算格子の河床高の修正

図-6 側岸侵食モデルの模式図

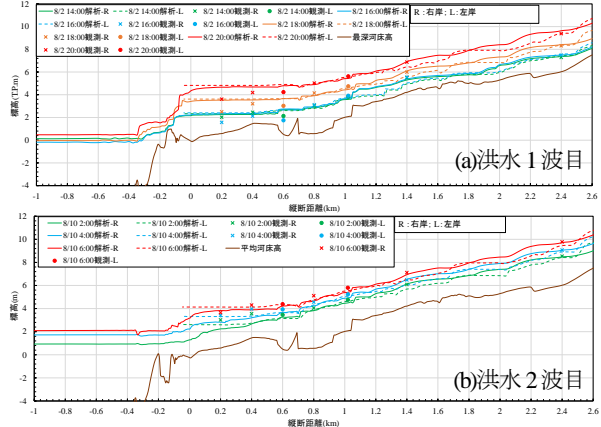


図-7 洪水 1 波目と 2 波目の増水期における観測水面形と解析水面形の比較 (解析法 1)

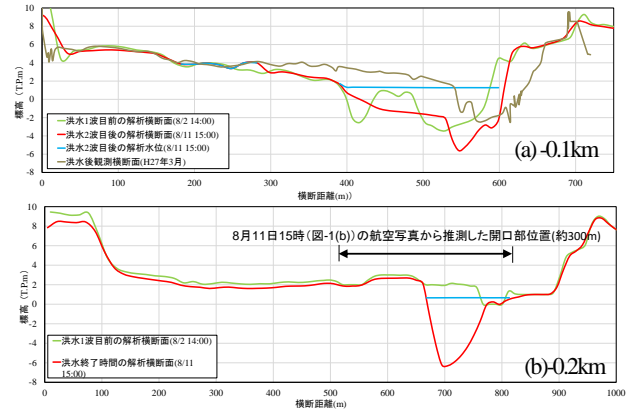


図-8 -0.1km と -0.2km 地点の解析横断面形状と観測横断面形状 (解析法 1)

幅の拡大と河岸侵食の新しい計算方法を導入する。

(4)河口礫州の開口幅の拡大と河岸侵食の新しい計算方法とその適用結果 (解析法2)

新しい解析法では洪水流の解析水面形が河口部区間の観測水面形の時間変化に合致するように各時間の河口礫州の形状、河口域の堆積形状、河道の形状を試行錯誤的に与えて河口開口過程を求める。これにより、洪水時に開口幅がどの時間帯にどの程度拡大したか明らかにすることが可能となる。具体的には、観測水面形を説明出来なかった図-10に示す区間Aと区間Bにおいて、図-11に示すように、洪水直後の航空写真や横断測量結果から洪水1波目と2波目の河口礫州と河岸の侵食範囲と量(緑色の部分)、河口域の堆積範囲と量(紫色の部分)を決定する。そして、洪水流量の増大に伴い河口礫州の開口幅が拡大するものと考え、図-2に示す洪水1波目の時間帯①と2波目の時間帯②で侵食範囲では地盤高を徐々に下げ、堆積範囲では地盤高を徐々に上げながら洪水流解析を行う。

時間帯①の区間Aにおける河口礫州の侵食範囲と量、河口域の堆積範囲と量は、平成26年8月の洪水1波目で航空写真が撮られていないため、過去に物部川で発生した同規模の洪水直後の河口域の航空写真と平成27年3月の横断測量結果を参考に洪水1波目ピーク時の地形を図-12(b)のように作成し、図-12(a)に示す洪水前の地形との地盤高の差を各地点で算出することで決定した。

時間帯②の区間Aにおける河口礫州の侵食範囲と量、河口域の堆積範囲と量、区間Bにおける河床変動の範囲と量は、平成26年8月洪水直後の航空写真と平成27年3月の横断測量結果を参考に洪水2波目ピーク時の地形を図-12(c)のように作成し、図-12(b)に示す洪水1波目ピーク時の地形との地盤高の差を各地点で算出することで決定した。

図-13に洪水1波目と洪水2波目の増水期における解析水面形と観測水面形の比較を示す。解析水面形は河口域を含め観測水面形を概ね説明できている。このことは初期地形、最終地形から求めた河口域の縦横断面形の時間変化がほぼ適切であったことを示していると考えてよい。ただし、図-13(b)において、洪水2波目の立ち上がりの時間帯で河口礫州付近の解析水位が観測水位より低くなった理由は、洪水1波目と2波目の間の流量の小さい時間帯に図-3に示したように約4mの高波浪が生じており、波の影響を受けて河口礫州が変形し、開口幅が狭くなっていたと考えられる。図-14は、洪水2波目終了時の航空写真と同時刻の解析結果を水のある部分を青く塗りつぶし、両者を比較して示している。解析結果は航空写真で確認できる河口礫州の形状や河

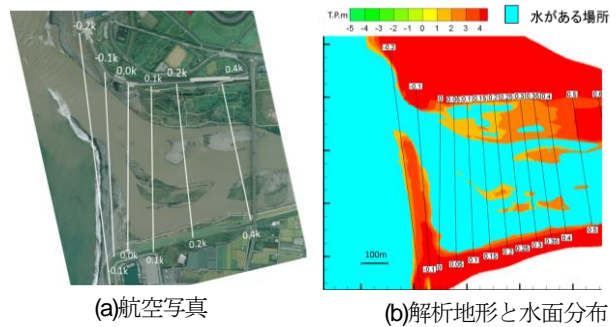


図-9 平成26年8月洪水2波目終了時(8月11日15:00)の河口部の航空写真と同時刻の解析結果の比較(解析法1)

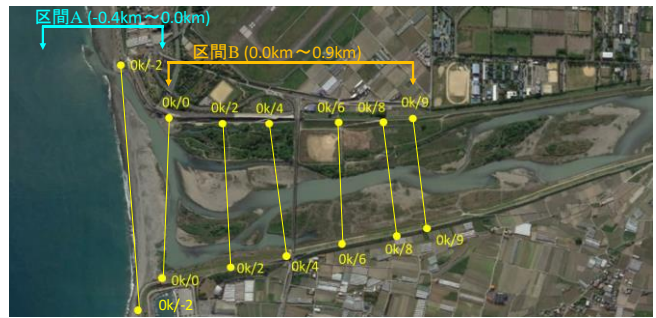


図-10 河口礫州の開口幅、河道形状の変化や河岸侵食の影響を受ける区間

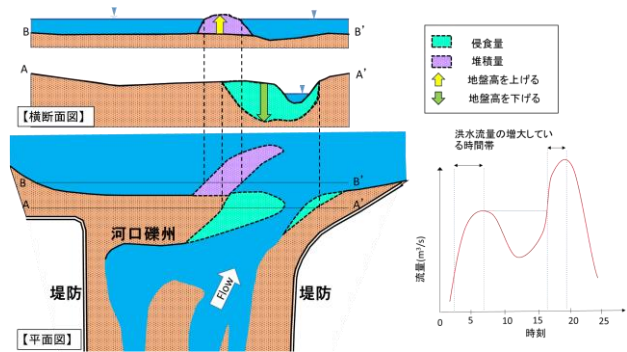


図-11 河口礫州の開口幅の拡大と河岸侵食の計算方法の模式図

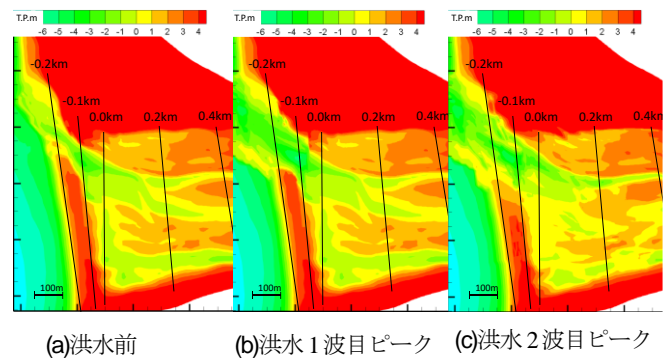


図-12 解析で設定した洪水初期、洪水1波目ピーク時と洪水2波目ピーク時の地形コンター図

口域の堆積形状、河道内の砂州の形をほぼ説明できている。解析で設定した河口礫州の形状、河口域の堆積形状、河道の形状の時間変化が概ね正しいことが実証

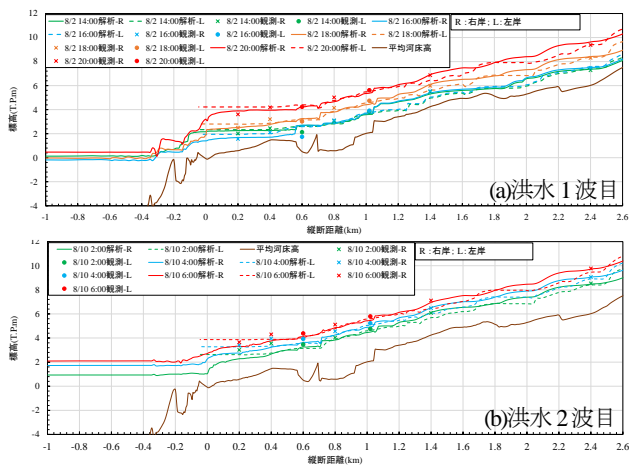


図-13 洪水 1 波目と 2 波目の増水期における観測水面形と解析水面形の比較 (解析法 2)

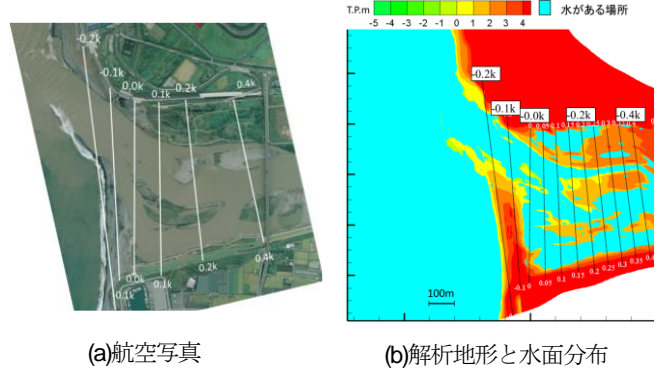


図-14 平成 26 年 8 月洪水終了時(8 月 11 日 15:00)の河口部の航空写真と同時刻の解析結果の比較 (解析法 2)

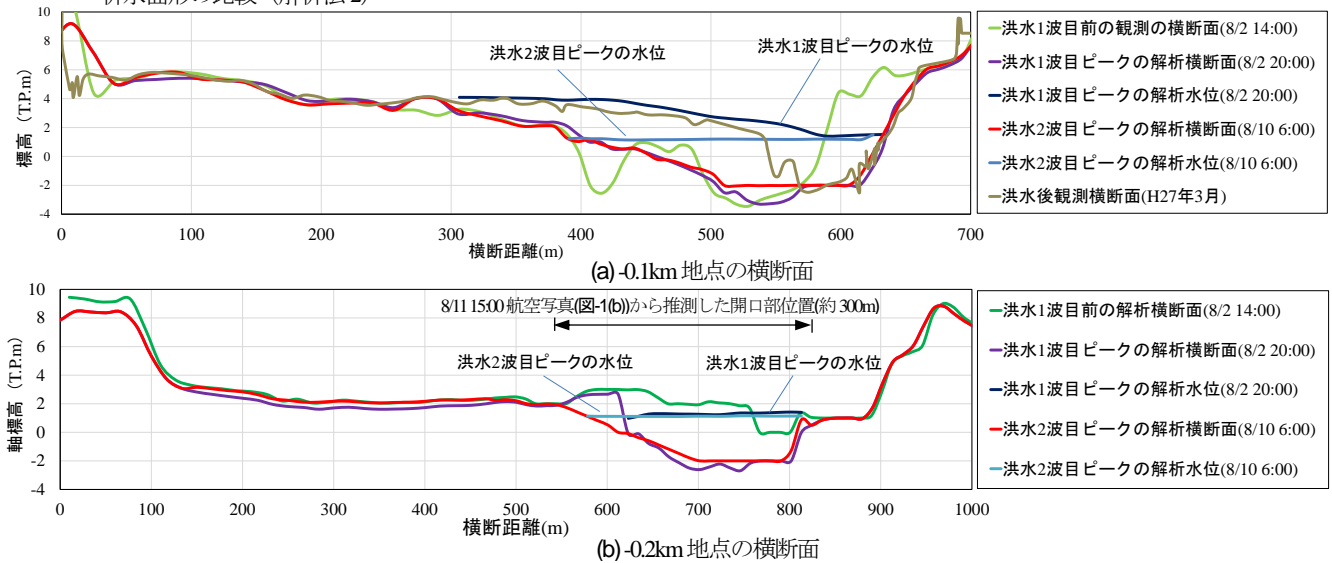


図-15 -0.1kmと-0.2km地点の解析横断面形状と観測横断面形状 (解析法 2)

された。以下では、この解析結果から、平成 26 年 8 月洪水時の河口礫州の開口機構を検討する。

図-15 は、-0.2km、-0.1km 地点の洪水前、洪水 1 波目ピーク (8 月 2 日 20:00)、洪水 2 波目ピーク (8 月 10 日 6:00) の解析横断面形状と洪水後 (平成 27 年 3 月) の観測横断面形状を示す。

図-13 (a) に示したように、洪水 1 波目の増水期の解析水面形は観測水面形を説明できていることから、平成 26 年 8 月洪水では、8 月 2 日の 14 時~20 時の時間帯で図-15(b) の紫の実線で示すように河口礫州の開口幅が約 200m まで拡大し、洪水 2 波目の洪水ピーク時には図-15(b) の赤の実線で示すように開口幅が約 300m まで拡大したと考えられる。

4. 結論

本研究では、観測水面形の時間変化に基づいて平成 26 年 8 月洪水による物部川河口礫州の開口機構について検討し、以下の結論を得た。

1) 平衡流砂量式と側岸侵食モデルを用いた従来の解析

法 (解析法 1) では、河口礫州の開口幅の拡大や河岸侵食を十分に再現出来なかった。

2) 河口部においては、観測水面形が実測値に合致するように各時間の河口礫州と河岸の侵食範囲と量、河口域の堆積範囲と量を与え洪水流解析を行うことで (解析法 2)、平成 26 年 8 月洪水 1 波目では、増水期の約 6 時間 (流量約 500 m³/s~1700m³/s) の間に河口礫州の開口幅が約 200m 拡大し、洪水 2 波目のピーク (流量約 2700m³/s) 時には、開口幅が約 300m まで拡大したことを明らかにした。

これらの結果から、本研究で提案した河口礫州の開口幅拡大の計算法は、解析や予測の難しい洪水時における開口部の拡大速度等の解明に有効であることを示した。

参考文献

- 1) 立山政樹, 久保宜之, バックシーハイ, 竹村吉晴, 福岡捷二: 平成 26 年 8 月洪水による物部川河口礫州フラッシュの解析と機構, 年次学術講演会講演概要集, 第 74 巻, II-214, 2019.