

関川河口部における砂州の形成機構について

古山 利也¹・人見 司²

¹北陸地方整備局 高田河川国道事務所 調査第一課 課長 (〒943-0847 上越市南新町3-56) .

²北陸地方整備局 高田河川国道事務所 調査第一課 河川計画係長 (〒943-0847 上越市南新町3-56) .

関川河口は、砂州の発達により河口部左岸の樋管で閉塞を生じており、毎年のように河道維持掘削を実施している。砂州発達理由として、近年大きな出水がなく、導流堤内の河道に堆積した土砂が波の影響により上流に押し戻され、河口部左岸側に再堆積する現象が確認されており、特に河道内を遡上する長周期の波浪が砂州の形成に関わっていることが判明した。本論文では、平成24年度に検討した砂州形成機構のシミュレーションによる再現と、砂州拡大抑制対策について報告するものである。

キーワード 河口砂州、冬期波浪、河口砂州対策

1. はじめに

近年、関川河口部で砂州の発達が著しく、河口部左岸にある中央第一排水樋管、天王川排水樋管が閉塞し、内水被害の危険性、内水滞留による悪臭の発生などから住民の不安・不満を引き起こしている。

また、砂州による河道流下能力の低下も懸念されている。

このため、樋管閉塞の解消、流下能力確保の対策として維持掘削が必要であり、河口砂州発達を抑制する維持管理手法を確立する必要性から、平成21年度より砂州発達メカニズム解明のための現地調査・解析検討を実施している。

平成24年度は調査4ヶ年目として砂州を発達させる長周期波と段波の観測・解析、NeCSTモデルによる予想シミュレーション構築、砂州軽減対策工の立案と、前述のシミュレーションを用いた砂州拡大抑制の効果検証を行った。本論文ではこの結果について報告する。



写真1 H20.12月閉塞した天王川排水樋管状況



写真2 関川河口部現況

実施時期	内容
S63~H9	関川下流部引堤
S63~H9	陸側導流堤・沖側導流堤建設
S63~H4	西港離岸堤建設(新潟県)
H12~H19	直江津港防波堤延伸
H20.12	天王川排水樋管閉塞
H21~	河口部維持掘削
H21~	河口砂州調査開始

表1 関川河口部における施工履歴

2. これまでの調査検討結果概要

既往の調査検討内容は以下のとおりである。

平成21年度

①定点写真撮影、②簡易GPSによる砂州形状把握、③河道内波浪観測の実施、④地形変化シミュレーションの実施。

平成22年度

①砂州形状測量、②河道内波浪観測、③蛍光砂追跡調査、④地形変化シミュレーションの実施。

平成23年度

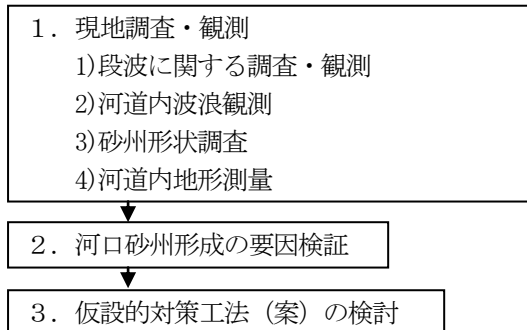
①河口部河床にAWAK(エーワック)、WAVE HUNTER(ウェーブハンター)を設置し河道内への波浪伝播状況を観測、②トレーサーを用いた土砂移動調査③直江津港のNOWPHAS(ノウファス)データを用いた河床変動解析モデルによる解析。

平成23年度までの調査検討では河道域・海域における冬期風浪の状況、砂州の発達状況、河床における砂の移動状況等の基礎データを整理している。

また、砂州変形予想モデルについては現地観測結果を再現できていないことが課題となっている。

3. H24年度調査検討計画

平成24年度は、以下の内容で検討を行った。



4. 現地調査・観測

高波浪時に発生する段波の特性を把握するため、波高、流速、波長、周期、土砂の混入量、横断形状、碎波・減衰状況について観測を行った。

このうち波高と流速については波高・流速一体型センサー(WAVE HUNTER08-Σ)を河口部(河床)2箇所に設置し、砂州上を走る段波の流速は別に設置した電磁流速計で計測を行った。

また、関川河口部で段波状の遡上波が発生する条件としては、沖合の波高が大きく、長周期の波浪が影響していることが既往調査結果で指摘されていることから、関川河口沖合での波浪特性を把握するため、直江津沖の波浪データ(NOWPHAS)を収集した。

(1)長周期波(段波)の諸元

直江津港におけるNOWPHAS観測結果と、河床に設置した波高・流速一体型センサーの観測結果、並びに河口砂州が形成される河口左岸の4箇所に設置した水圧式波高計の観測データを解析した結果、この段波を発生させる長周期波の諸元を把握した。

それによると長周期波は波高0.4~0.8m、周期80~170s、波速170~360cm/sである。

また、段波発生時に実施した濁度観測結果から、段波の通過時のSSは80~120mg/Lを示した。

仮にこの観測結果から、波高0.3m、周期150secとし、平均100mg/Lの土砂が上流に運ばれると考えると、1日換算で17.3tの土砂が上流に移動していることになり、冬期の長周期波による土砂移動量は、砂州を形成するのに十分であることが確認された。



写真3 段波の遡上状況

5. 河口砂州形成の要因検証

観測・解析により得られたデータをもとに、河口砂州形成のプロセスについて再現シミュレーションを行った。これまでの解析によれば、長周期波は沖合の高波浪時に発生しているため、波浪と長周期波を同時に考慮した計算を行う必要がある。

このため、通常の波浪による地形変化計算において、長周期波の水位変動を境界条件として与えることで、風波と長周期波を同時に考慮する計算を行うこととした。

(NeCSTモデル)

(1)再現計算結果

図-1は、地形変化計算の途中段階における、河道内の流速分布と浮遊砂濃度分布を示したものである。

この中では、以下の状況を確認できる。

- ・海域で高波浪の作用により浮遊砂が巻き上がっている様子が計算されている。
- ・河道内では、砂州の形成される左岸側で浮遊砂濃度の

濃い部分が形成され、それが左岸に沿って上流に移動している。

- ・高濃度の浮遊砂の位置は、砂州上で流速が増大している位置と対応しており、砂州上で長周期波が段波となって、砂を上流に運んでいる状況が現れている。

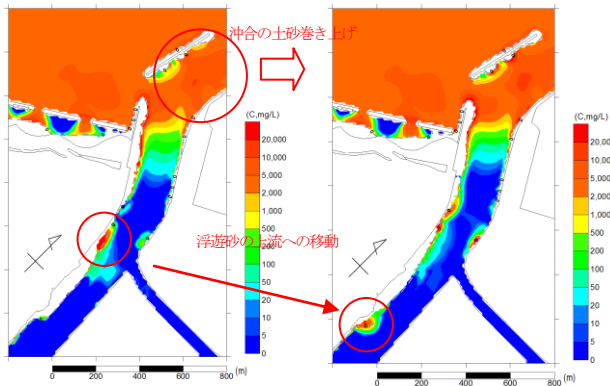


図-1 浮遊砂の遡上再現結果

図-2は、高波浪と長周期波による48時間後の地形変化の計算結果である。

この結果では、以下の特徴が確認できる

- ・河口左岸砂州の外縁に土砂の堆積域が形成され、砂州の拡大が明確に表現されている。
- ・等深線比較図から、砂州が河道の上流側に向かって延伸する状況が再現されている。

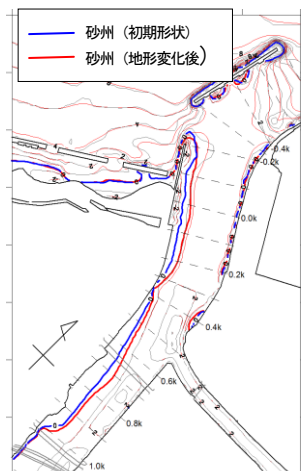


図-2 48時間後砂州発達の再現結果

以上の結果から、河道内に砂州が形成されてゆく状況が良好に再現されており、このシミュレーションを用いて対策の検討を実施した。

6. 仮設的対策工法（案）の検討

関川河口部で発生する段波は、冬期の高波浪時に河道内に浸入する長周期波成分が、水深の浅い場所で波形を維持できなくなることで発生する。

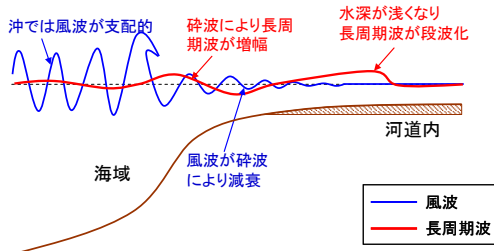


図-3 風波と長周期波（段波）の特徴

段波の遡上を恒久的に抑制するには、長周期波の影響を軽減させる対策や、段波の発生位置（砂州の形成位

置）を、樋管に影響しない下流側に抑える工法が想定されるが、いずれも大規模な構造物を設置する必要があり、なおかつ河道内への長周期波浸入を完全に遮断することは困難である。

そこで、砂州が形成・発達する冬期間に設置することで砂州の発達を抑制し、出水期には撤去することで治水機能に影響を与えない仮設構造物による対策工法を検討した。



写真3 仮設工の事例（堤外水路閉塞防止工）

河川の流下能力への影響を最低限とし、なおかつ遡上する土砂を補足する構造物としては水制工が考えられる。

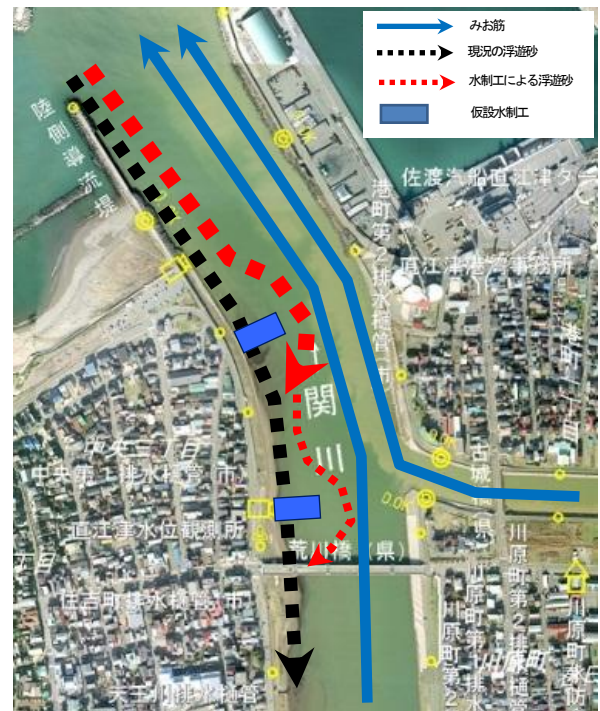


写真4 水制工のイメージ

滞筋
水制工
漂流砂

イメージとしては、水制工により浮遊砂を滞筋方向へ迂回させることで、段波による上流への移動力を極力相殺するものである。

また、段波によって上流へ輸送される土砂を直接トラップするためのポケット掘削が有効であるため、仮設水制工とポケット掘削（20m×100m×2m=4000m³/箇所）、その併用の3ケースについて効果をシミュレーションにより検証した。

1) 仮設水制工の概要

仮設水制工の規模は以下のとおりとした。

(1) 高さ

水制工の天端高は、高水敷高程度とする。

(2) 横断方向の長さ

水制工の長さは川幅(B)の10%以下とし、関川0.8km地点の川幅234mから23m以下とする。

(3) 水制の配置

水制工の平面配置については、既往調査で砂州が発達しやすい関川0.2kと0.6kの2箇所に設置する。また、1箇所につき複数の水制を設置することがより効果的であると考え、ここでは1箇所あたり2基を設置することとし、設置間隔については50mとする。

(4) 水制の突き出し角度

水制の角度は護岸に対して90度で設置する。

(5) 水制の構造

仮設水制は速やかな設置・撤去が必要であること、並びに土砂の遡上を妨げる目的であることから不透過であること、及び複数回の設置・撤去が出来ることを考慮し、耐久性に優れる袋詰め玉石工によるものとした。

なお、仮設水制は出水期前に撤去し、袋詰め玉石は水防資材として保管して、冬期風浪前に再設置する。

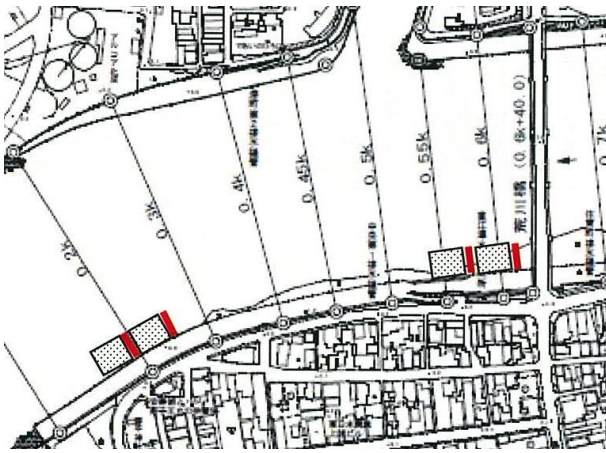


図-6 仮設水制工とポケット掘削の配置(案)

2) 対策案の比較

シミュレーションにより、上記の仮設水制工及びポケット掘削の配置案の効果を、以下の3ケースで比較検討した。

- ・ケース1：水制工のみ
- ・ケース2：ポケット掘削のみ
- ・ケース3：水制工+ポケット掘削

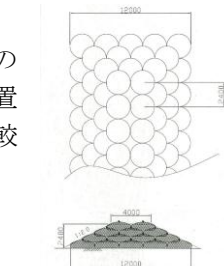


図-7 仮設水制工(案)

対策を行わなかったケースと、ケース1～3の48時間

後の河口砂州の変化比較についてシミュレーションの結果は以下のとおりとなった。

(1) ケース1：水制工のみの場合は砂州形状にほとんど変化が見られなかった。

堆積土砂量は8,005m³(対策後) / 7,922m³(無対策)

(2) ケース2：ポケット掘削のみの場合は、0.2k、0.6kの両方で砂州発達の抑制効果を示した。

堆積土砂量は5,791m³(対策後) / 7,922m³(無対策)

(3) ケース3：水制工とポケット掘削の併用ではケース2と同様で更に砂州発達の抑制効果を示し、最も効果が高いことを確認された。

堆積土砂量は4,466m³(対策後) / 7,922m³(無対策)

0.2k地点の結果を図-8に、0.6k地点の結果を図-9に示す。

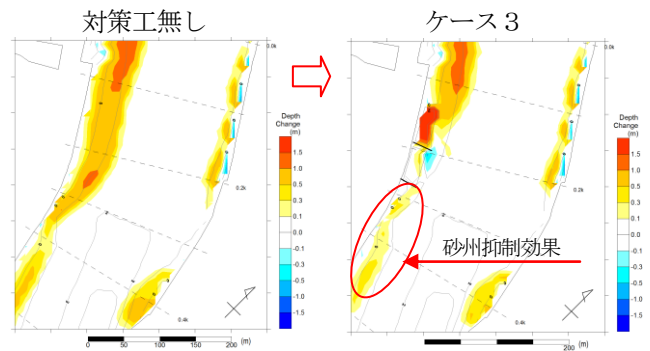


図-8 0.2k地点 ケース3：48時間後地形変化

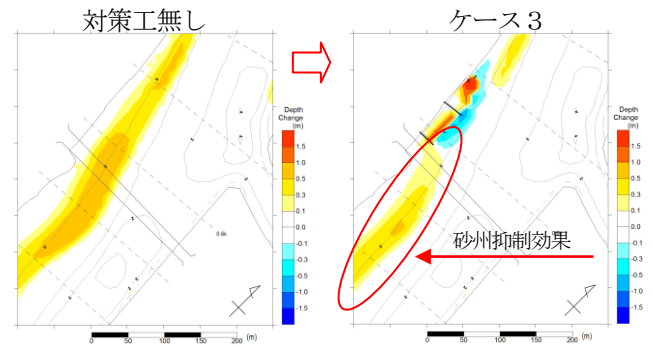


図-9 0.6k地点 ケース3：48時間後地形変化

7. 今後の検討・まとめ

今回はシミュレーションの結果が良好な再現性を示したことで具体的な対策案の立案と検証を行った。

その結果最も効果があるケース3の仮設水制工とポケット掘削の併用案について、平成25年度冬期に現地での施工を行い、砂州の発達抑制効果の検証を行う予定である。

謝辞：本調査検討にあたっては、リバーカウンセラーの長岡技術科学大学細山田教授にご指導いただいた。ここに記して謝意を表す。