

荒川下流航走波対策工の効果検討について

A study on the effect of ship waves in the lower Ara River

研究第三部 主任研究員 市川 義隆
研究第三部 部 長 大嶋 吉雄
研究第三部 主任研究員 丸田 英二

一級河川荒川の下流部では荒川将来像計画において水際線の多自然化を進める整備方針が示され、水際に存在するヨシ原の保全に取り組んでいる。一方で、荒川は河川舟運が盛んであり船舶の航行に際して生じる波浪である航走波により水辺のヨシ原は大きな影響を受けている。そのため、船舶の航行と水際のヨシ原保全を両立させるため水際に航走波対策工が試験的に施工された。

本報告は試験的に施工された小松川地区での航走波対策工において、継続的に行われた侵食状況調査及び航走波現地モニタリング調査結果より得られた航走波対策工の消波効果についての検討結果報告である。

キーワード：ヨシ原、航走波、消波対策工、木工沈床工

A policy for the formation of nature-oriented shorelines in the lower reaches of the Ara River has been presented under the "Next Arakawa" plan, and efforts are currently underway to protect reeds growing along the shorelines. Since the Ara River is heavily trafficked by boats and ships, reed fields along the riverbanks are severely affected by the resultant waves. Therefore, in order to enable boats and ships to navigate the river without causing adverse effects on the riparian reed fields, experimental ship-wave dissipation works have been constructed along the shorelines.

This paper reports on the wave-dissipating effect of the experimental works constructed in the Komatsugawa area determined from the results of erosion surveys and ship-wave monitoring surveys conducted on a continual basis.

Key words : reed field, ship wave, wave-dissipation works, wooden mattress works

1. はじめに

荒川において水際に存在するヨシ原は自然環境の象徴であり、多くの機能を有する重要な環境資源である。

現在、荒川下流部では水際のヨシ原の衰退が見られるが、その原因のひとつとして船舶の航行により発生する波（以下、航走波）の影響があげられる。荒川下流部はタンカー、水上バス、プレジャーボート等の航行が盛んであり、それらの舟による航走波への対策が荒川の自然環境の保全上の課題となっている。

このため、ヨシ原の生育環境、航走波の発生メカニズム、ヨシ原保全に有効な航走波対策工等について、既存のヨシ原及び試験的に設置した航走波対策工を対象に国土交通省荒川下流河川事務所の指導の下に継続的な調査を行ってきている。

本報告ではこれらの調査結果より得られた荒川下流部におけるヨシ原衰退の現状及び試験工事として小松川地区に設置された航走波対策工（木工沈床工タイプ）の消波効果について述べるものである。

2. ヨシ原の衰退状況

平成12年度より実施している荒川下流部ヨシ原の減衰状況調査について報告する。図-1に主なヨシ原の位置及び調査位置を示す。

荒川のヨシ原は先端部の基盤が流出し根茎が洗われることにより徐々に衰退している（写真-1）。継続的なヨシ原侵食調査結果においても、調査地点の地形状況（水衝部、水裏部、土質状況等）により若干異なるが、全体に侵食傾向にある。

侵食の激しい西新井地区については経年的侵食状況の変化を図-2に示す。図より、調査当初から2.0m以上の侵食がみられる。



図-1 荒川下流のヨシ原分布



写真-1 根茎の露出

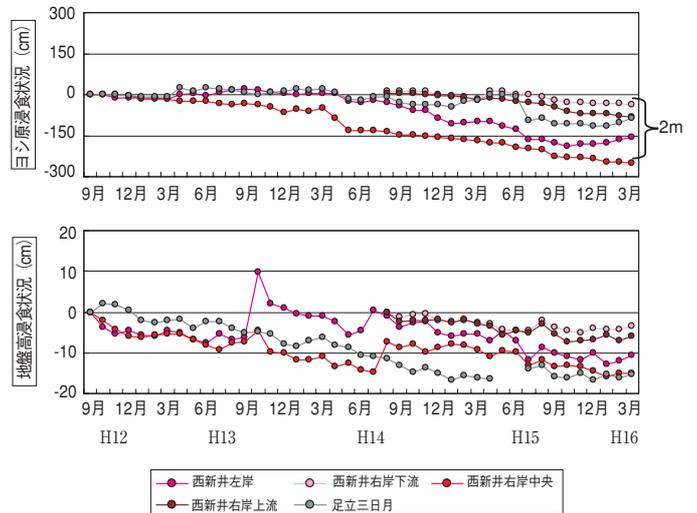


図-2 西新井地区のヨシ原侵食・地盤高変化

※ 侵食状況はヨシ原の平面的後退量、地盤高変動はヨシ原基盤の侵食高を示す。

表-1 ヨシ原調査地点の経年的傾向

地区	地点名	岸	位置 (km)	侵食状況	地盤高変動
四つ木	四つ木左岸	左	9.1	維持	堆積
	四つ木右岸	右	9.1	侵食	侵食
	堀切菖蒲園	左	9.5	侵食	侵食
西新井	西新井左岸	左	14.4	侵食	侵食
	西新井右岸下流	右	13.8	侵食	侵食
	西新井右岸中央	右	14.4	侵食	侵食
	西新井右岸上流	右	14.6	侵食	侵食
	足立三日月ワンド	左	12.3	侵食	侵食

3. 航走波対策工の効果検討

1) 侵食状況モニタリング調査

荒川下流部の左岸、小松川地区においては既設の護岸を撤去して、その前面に航走波対策工（ここでは丸太で枠をつくり中に石を詰めた木工沈床工タイプの対策工のこと）を縦断的に設置して航走波を消波しヨシ原を再生する試験的工事を行っている。

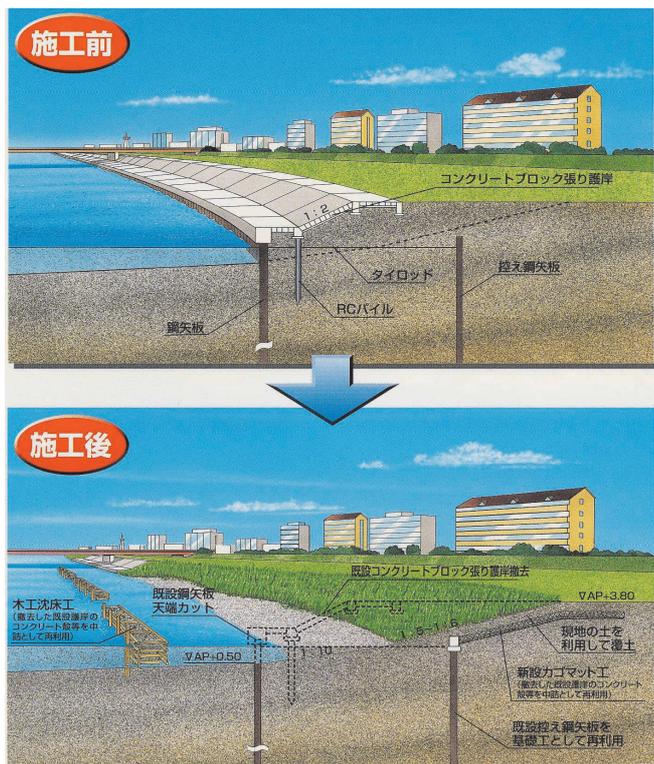


図-3 小松川地区試験工事の概略図

(出典：小松川地区自然再生試験工事パンフレットより)

平成13年度に完成した航走波対策工の背面における土砂堆積状況を図-4に示す。

対策工の天端高は上流よりAP+2.0、1.4、1.7、1.6である。AP+2.0、1.70の背面については土砂が堆積傾向にあり、いわゆるトンボロが形成されている。

AP+1.4背面ではその傾向が見られない。



写真-2 小松川地区航走波対策工（木工沈床工タイプ）

また、対策工の天端高に係らず開口部背面の河岸は侵食傾向にある。

以上、経年的な土砂堆積状況より判断して天端高AP+2.0～AP+1.70程度の対策工は消波効果が高く背面に土砂を堆積させることがわかる。堆積した部分については現状でヨシ原の回復までには至っていないが部分的にヨシの植生がみられるようになり、底生生物やマトシジミ、ゴカイ、オサガニ等が多く確認され良好な生態環境が形成されつつあると思われる。



平成13年6月 平成15年7月
写真-3 小松川地区の土砂堆積変化

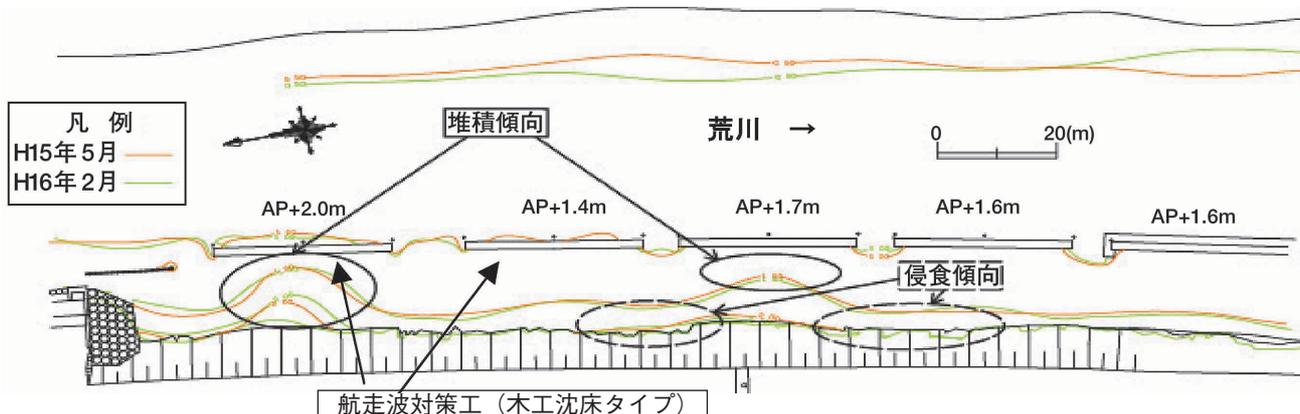


図-4 小松川地区対策工（H13完成）における地形変化状況（H16.2現在）

2) 航走波モニタリング調査

次に、小松川地区試験工事区間のうち、平成15年3月に完成した航走波対策工について船舶航行時の施設前後で測定した波高について整理し、天端高の違いによる施設の消波効果の検証を行った。

当該工区は対策工の天端高が各々 A P +2.20、+1.80、+1.60で施工されており、他の施設諸元（天端幅=2.0m、堤長=30.0m、開口幅=6.0m、河岸よりの離れ=約10.0m）は同一条件であるから、対策工の天端高と消波効果の関係を把握する事ができる。



写真-4 航走波モニタリングの様子

以下、航走波モニタリング結果より得られた消波効果を取りまとめる。ここでは、“透過率=施設背面の透過波高：HT/施設前面の入射波高：HI”とする。

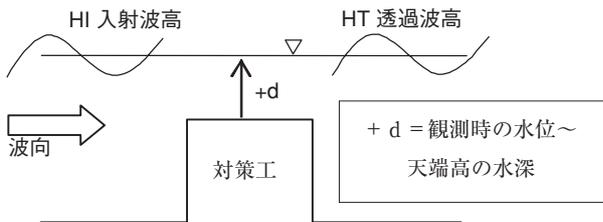


図-5 航走波対策工前後の関係

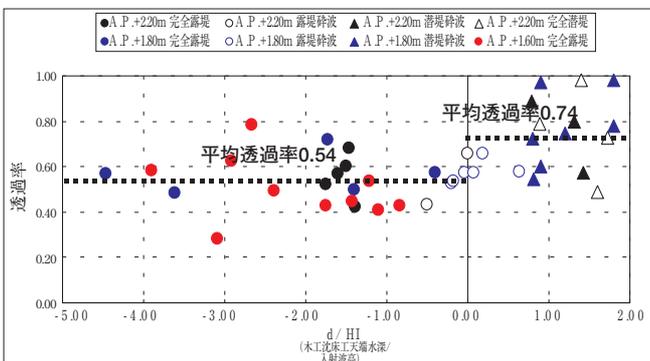


表-2 航走波モニタリング結果：平均透過率

表-2に観測結果全平均の透過率を示す。 $d/HI < 0$ は対策工が露堤となった状態、 $d/HI \geq 0$ は対策工が潜堤となった状態である。表-2より対策工の消波効果を示す透過率は天端高～水位～入射波高（ d/HI ）の関係により変化すると思われる。まとめると、次の様に整理できる。

- ① 対策工天端が完全露堤する場合： $(d/HI < 0)$
天端高にかかわらず、透過率は0.40～0.60程度（平均0.54）である。
- ② 対策工天端が完全潜堤の場合： $(d/HI > 0)$
透過率は概ね0.70～0.75程度（平均0.74）である。
- ③ $d/HI = 0$ 前後（ $-0.5 \leq d/HI \leq 0.5$ ）
波が天端上で砕波となり透過率が暫変する。

航走波対策工（木工沈床工タイプ）の場合、施設前面の水位が天端高以下で透過率0.40～0.60程度と明かな消波効果を有すると同時に、前面水位が天端高を越えてもばらつきはみられるが概ね透過率0.80前後であり、ある程度の消波効果を発揮している。

これは、 d/HI が1.00以上の観測で砕波現象が多くみられた点及び、入射波の最大波高が平均0.3m～0.7m程度である点を勘案すると天端幅が2.0mと波高に比較し広いため砕波が発生した影響が大きいのではないかとと思われる。天端上で砕波が発生し、それにより消波効果が発揮されたと想定できる。

ただ、航走波対策工（木工沈床工タイプ）天端幅と消波効果の関係については明確に確認できておらず今後の課題である。



写真-5 舟による航走波発生状況

次に透過率の平面的な変化について整理する。透過率の平面的変化を図-6（天端高AP+1.60）、図-7（天端高AP+1.80）、図-8（天端高AP+2.20）に示す。ここで透過率は各観測位置での平均である。観測区間での全ての対策工は堤長30m毎に設置され、対策工間は幅6.0mの開口部が設けられている。

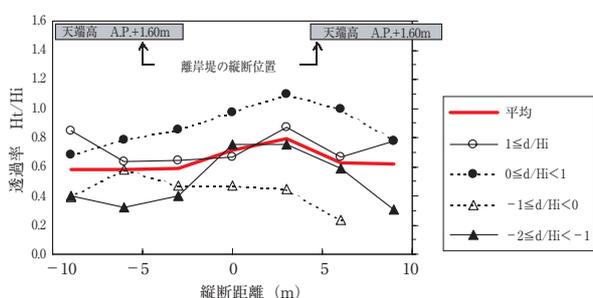


図-6 (天端高AP+1.60)

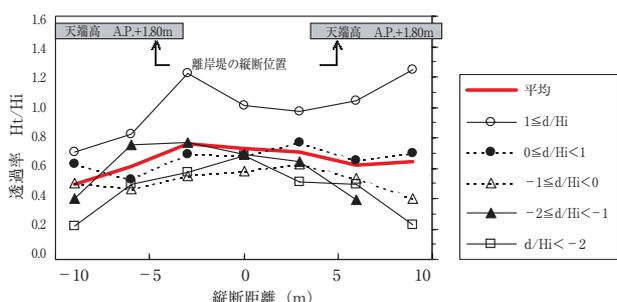


図-7 (天端高AP+1.80)

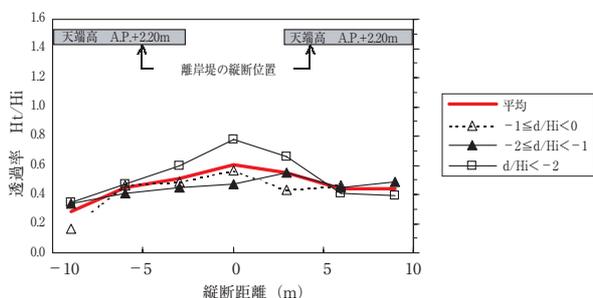


図-8 (天端高AP+2.20)

経年の侵食状況調査結果より開口部背面と比較し、対策工の中央部付近は土砂堆積現象がみられた。

図-6~8の透過率の平面変化においても若干ばらつきはみられるが、概ね開口部付近の透過率が大きく、対策工中央部付近の透過率が小さいという開口部を中心とする山形を成す傾向がある。つまり、開口部付近は消波効果が小さく、対策工中央部は消波効果が大きい結果となる。

また、対策工中央部においては $d/HI > 0$ の露堤状態より $d/HI \leq 0$ の潜堤状態の方が消波効果が高い。開口部付近に近づくと d/HI : つまり対策工が潜堤状態か、露堤状態か、と透過率の相関性が小さくなり、ばらつきが多く見られる。これは対策工を透過した航走波、対策工天端上で碎波し方向が変化した航走波及び開口部から入ってきた航走波が相互に影響しあうためにおこる現象でないかと思われる。開口部付近及び潜堤状態での透過率変化の把握については今後、

数値計算での現象の再現、開口幅の設定等における課題となる。

3) 航走波と河岸侵食の関係

前項より航走波対策工(木工沈床タイプ)について透過率(消波効果)は天端幅、堤長等が同一の条件の場合、天端高~前面水位~入射波高の関係により変化する事がわかった。観測結果より、全体平均値で評価すると露出状態 ($d/HI < 0$) の場合平均0.6~0.4程度、潜堤状態 ($d/HI > 0$) の場合ばらつきがあるが、平均0.7~0.8程度となることがわかった。また、透過率の平面変化において全体の傾向として対策工中央部の消波効果が高く、開口部付近の消波効果が低い。

開口部付近は特に潜堤状態 ($d/HI > 0$) で比較的ばらつきが大きく複雑な流れであると想定できた。

しかし、経年の侵食状況モニタリング調査より対策工の天端高は高い方が背面侵食が少なく、土砂堆積傾向にある事は明かである。前項までの観測結果より航走波波高が対策工天端高より小さい露出状態 ($d/HI < 0$) の場合、対策工高さの違いによる透過率の相違は小さく、航走波波高が対策工天端高より高い潜堤状態 ($d/HI > 0$) で、傾向として透過率が高くなり(消波効果が低くなり)透過率にばらつきがみられる事がわかる。これらの点を考慮すると対策工背面の侵食は潜堤状態時 ($d/HI > 0$) に航走波が河岸に与える影響が河岸侵食量に関して支配的であると思われる。荒川小松川地区は干潮区間であり、満潮位 (AP+2.00) の場合航走波が対策工の天端を越えやすい。つまり、航走波が天端高を越え河岸に作用する波高及びその作用時間が背面の土砂侵食に影響しているのではないかと想定される。

ここでは、広島大学工学部の福岡捷二教授及び広島大学工学部水工研究室の協力により航走波のエネルギーと河岸侵食の関係について検討を加えた。

検討にあたっての潮位条件として平均満潮位および平均干潮位と荒川の潮位が半日周期である事を考慮に入れて、潮位を単純に正弦波とした。タンカーの航行頻度については観測時の航行数を参考に、概ね平均と思われる値(7隻)とした。潮位図を図-9に示す。

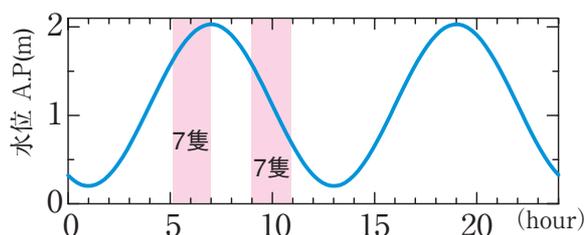


図-9 潮位変化と荒川のタンカーの航行速度

ここで観測で得られた透過率の係数を用い、河岸が1日に受けるエネルギーを推定する。航走波（タンカー）の波形としては既往報告²⁾より最大波高0.3m、継続時間60sで減衰する直線分布と仮定したものを用いる。

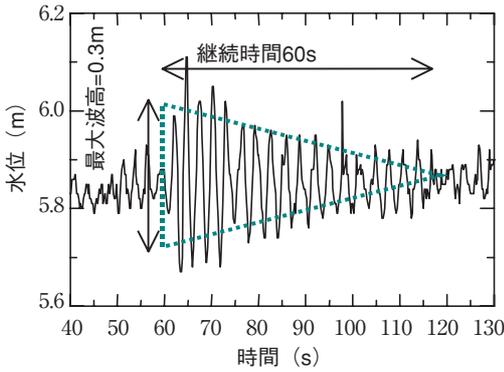


図-10 タンカーの典型的な波群形状

計算による結果を図-11に示す。同時にH15現地観測結果より算出された波エネルギー分布と、地盤高AP+1.50の地形変化を示す。

ここで、計算は波浪変形計算に用いられる非定常緩勾配方程式を基礎式として検討を実施した。観測時潮位を参考に、潮位条件としてAP+1.70、航行船舶数についても観測時を参考に上下流7隻ずつ計14隻通過するとした。

計算結果と現地観測より算出した波エネルギーは比較的整合しており同様の傾向を示す。つまり計算結果はある程度、航走波エネルギーを再現できていると思われる。

この結果より次ぎのことがわかる。

- ① 波エネルギーと土砂の侵食状況とは相関関係にある。
- ② 侵食モニタリング結果より、対策工天端高AP+1.70の背面は土砂堆積傾向にある点、図-11より地盤高AP+1.50の地形変化と侵食位置の波エネルギー変化を勘案すると、1日あたりの波エネルギーが $5.0 \times 10^4 \text{Nm/m}$ 程度以下であれば地形は安定すると思われる。

なお、観測計画の上流（図-11の左端）は平成13年度に完成しており完成後の放置期間が2年ほど長いいため他の対策工背面より堆積量が多くなっている。

計算結果より侵食量と航走波エネルギーの関係がある程度把握でき、航走波対策工（木工沈床工タイプ）の消波機能としての目標値（1日の航走波により河岸に影響を与えるエネルギー量として） $5.0 \times 10^4 \text{Nm/m}$ を示すことができる。

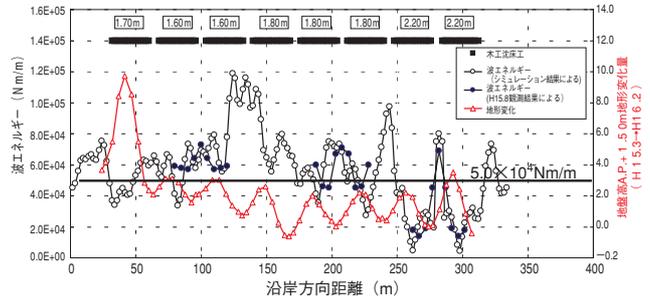


図-11 航走波シュミレーション計算結果による波エネルギーと侵食量の関係

図-11より判断して、対策工背面の河岸が1日に受けるエネルギー量が $5.0 \times 10^4 \text{Nm/m}$ 以下となるためには対策工の天端高がAP+1.7m程度以上必要であると言える。侵食モニタリング調査においても施工後3年程度経過する対策工で天端高AP+1.70背面においては土砂の堆積がみられた。つまり、対策工天端高はAP+1.70以上あれば十分な消波効果が得られると予測できる。

本検討は航走波対策工の堤長30m、航走波対策工間の開口幅6.0mで検討した結果である。実際は天端高、開口部の幅等が変化することにより背面の侵食状況に与える影響が異なると考えられる。

よって、今後は、数値計算をふくめた検討手法の開発が必要となる。

4. まとめ

荒川下流部の航走波対策として航走波対策工（木工沈床工タイプ）の消波効果が侵食モニタリング調査と航走波現地モニタリングにより明らかとなった。また、離岸堤背面の侵食量と河岸が受ける航走波エネルギーの関係について1つの指標が提示できた。

今後は、これらの成果をふまえ航走波対策工の効果的な構造諸元、配置等についてシュミレーション等による検証、継続した現地モニタリング調査結果などを加え整理していく必要がある。

その成果は「荒川下流航走波対策指針（案）」としてとりまとめる予定である。

最後に、本研究を行うにあたり、ご指導・ご助言いただいた広島大学工学部の福岡捷二教授及び木工研究室の皆様へ感謝する次第である。

<参考文献>

- 1) 高崎忠勝・大嶋吉雄・市川義隆：荒川下流域における航走波の影響について、リバーフロント研究所報告第14号（2003.10）
- 2) 広島大学大学院工学研究科水工学研究室：航走波対策検討委員会報告書（2004.3）
- 2) 大手俊治・京才俊則・江上和也：荒川下流域における河岸植生（ヨシ原）保全の課題と対策、リバーフロント研究所報告第12号（2001.10）
- 3) 田畑和寛・大手俊治・江上和也・平田真二・福岡捷二：荒川下流域におけるヨシ原の形成と保全のプロセス、河川技術論文集,第7巻（2001.6）