

船が造る波のエネルギーを減衰させる 河岸ヨシ原の効果

Effect of Marsh Reeds in the River on the Energy
Dissipation of Boat-generated Waves

福岡捷二*, 甲村謙友**, 渡辺明英***, 三浦央晴****

By Shoji FUKUOKA, Kenyu KOHMURA

Akihide WATANABE and Hisaharu MIURA

Many people tend to use the boats in the river to take a pleasure. It leads to a problem that a boat-generated wave due to the passage of boats causes serious bank erosion. But, marsh reeds near the bank reduces the energy of boat-generated waves attacking the bank. At the Ara river, we measured the boatwave and its transformation at the front and inside of reeds near the bank and investigate energy dissipation and reflection of the waves due to reeds. It becomes clear that the reeds are very useful to reduce the waves against the bank and mitigate the bank erosion.

keywords: boat-generated wave, energy dissipation, marsh reeds, bank protection.

1. はじめに

近年の河川におけるプレジャーボートの増大は、無秩序な係留を始め、幾つかの新しい問題を起している。問題の一つには運搬用船舶及びプレジャーボートの造る波がある。ボート通過時の波は河岸で遊ぶ人々の利用空間を損ない、また波による河岸侵食を引き起こしている。ボート先進国である欧米河川では、既にボートの波による河岸侵食の調査研究及び被害軽減対策は実施されているようである。¹⁾ インドネシア、マレーシアでは地方の交通手段はボートによることが多いため、ボートが造る波による

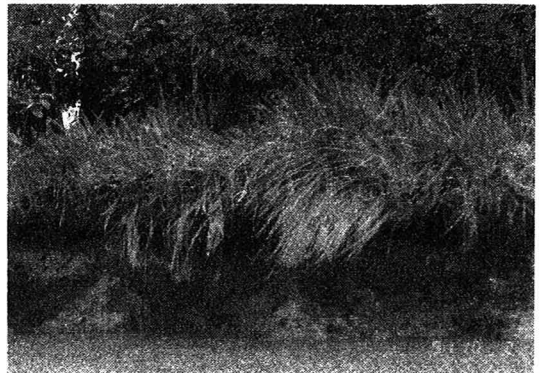


写真-1 ボートが造る波による河岸侵食の例

- * 正会員 工博 Ph. D. 東京工業大学助教授 工学部土木工学科
(〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1)
- ** 正会員 建設省関東地方建設局荒川下流工事事務所長
(〒115 東京都北区志茂 5-41-1)
- *** 正会員 工修 東京工業大学助手 工学部土木工学科
- **** 東京工業大学 土木工学科 学生

河岸侵食は大変に深刻な問題を引き起こしている。わが国にあっては、河川のプレジャーボートが問題になりだしたのは近年であるため、荷物運搬用の船も含めたボート等の水面利用のあり方の検討が始まったばかりである。しかし、河川によっては船が造る波によって著しい河岸侵食が生じており（写真-1）、これらの問題が近い将来多くの河川に及ぶことは、十分に考えられることである。現在のところは、船の航行は都市域を流れる河川の下流部が中心であり、これらの区域にあっても低水路及び河岸の整備には、まだ相当の時間を要する。我が国の河川下流部の水際には、一般にヨシ原が存在する。このようなヨシ原は、川らしさを作り出すとともにボートが造る波のエネルギーを減殺し背後の河岸の侵食を防止するのに役立つことに着目し、ヨシ原群がどの程度までボートの造る波を反射・減衰させるかを荒川での現地実験と造波水路を用いた二次元実験によって調べた。

2. 実験方法及び実験条件

現地実験の場所は、荒川下流部14.5k右岸付近であり、現地の生育の状況を写真-2及び図-1, 2に示す。図-2には、河床形状とヨシ原の生育状況を示す。これから分かるように河岸の幅は約30mにわたってヨシ類が群生している。ヨシは図に示されている様に、3m程度の高さのものが、およそ160~240本/m²の密度で生えており、ヨシの茎の直径はおよそ5~8mm程度である。ヨシ原前縁部にはガマが生えている場所が多くみられた。横断面図が示すように、河川中央部の水深は深くなっているが、ヨシ原前面は、浅くほぼ平坦な河床で、またヨシ原内では河床が急に高くなっており、段差を持つ構造となっている。図-1に示した区間において、建設省荒川下流工事事務所所有の河川巡視船（

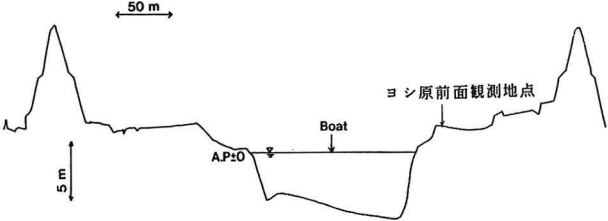


図-1 a 14.5 K地点での河道断面図

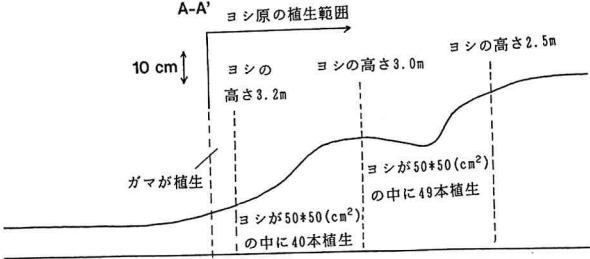


図-2 a 河床形状とヨシ原の植生状況 (A-A')

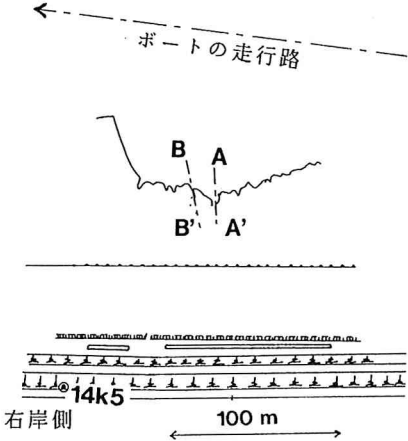


図-1 b 現地実験付近の平面図

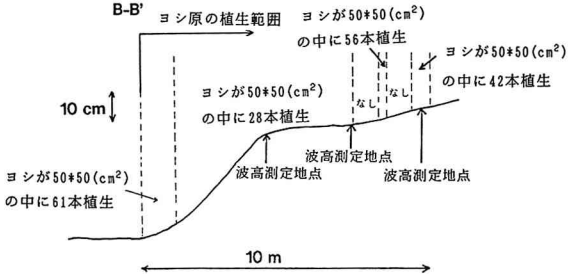


図-2 b 河床形状とヨシ原の植生状況 (B-B')

図-3、以下「ボート」という)を4~15 m/sの速さで走行させ、その際に造られる波について河岸付近及びヨシ原の中で、波の波高、波速、周期の測定を行い、ヨシ原による波のエネルギーの反射、減衰の特性を調べた。波高測定方法としては、波高計設置が困難なため標尺を鉛直に差込み目測で1 cm単位まで測定した。現地在感潮水域であるために、水深は船の走行の際に毎回測定を行った。主要な実験結果は9月13日13時~17時の間の測定で得られた。その間の東京湾の潮位は約0.98~1.6mであり、ヨシ原前面の水深は約0.50~0.85cmであった。ヨシ原前面の波の入射波高には、ヨシ原や河床地形等に起因する反射波の影響による波の変形がある。そのため、ヨシ原の前面で波の進行する方向に40 cm間隔に5点で水位を同時観測し、波の包絡波形を観測し、Healyの方法により入射波(H)及び反射波(H_R)を測定した。²⁾さらに、ヨシのみによる反射率をより正確に調べるために、水路床が平らな二次元造波水路において、現地より採取したヨシを設置し現地とほぼ同じ特性を持つ波を与え実験を行った。ヨシ原内部での波高(透過波:H_T)の測定は、ヨシ原の最前部より内側へそれぞれ4.4m, 7.4m, 9.9mの位置で行った。なお、波速についてはヨシ原の前面と内部の2箇所、それぞれ波の山が2点間を通過した時間を測定して求めた。

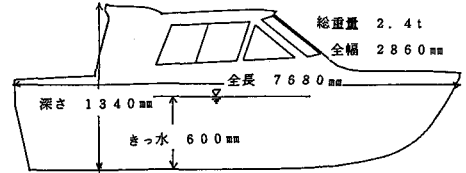


図-3 河川巡視船の諸元

3. 実験結果

現地実験に用いた船が造る波の周期は1.7~2.4(s)、船の通過に伴って伝わる波の数は9~12個である。また、波長、波速は水深に関係し、波高はボートのスピード、大きさ形、ボートの走行路から測定点までの距離に関係している。ボートが造った波のヨシ原前面での波高、波長、水深の関係を図-4に示す。これから伝播してきた波は、ヨシ原前面で水深が小さくなるため、波高が高くなり、ストークス波からクノイド波と類似の特性を持つ波であることが分かる。なお、ヨシ原前面でのボートが造る波の波高は13~23cmであり、波長は5.5~6.6mであった。ヨシ原前面まで伝わった単位幅当りのエネルギーフラックス ($1/8 \rho g H^2 c_g$)を微小振幅波で近似して求め、これとボートの速さとの関係を図-5に示す。図-5を見るとエネルギーフラックスは、ボートの速さが6~8 m/sの場合に特に大きくなっている。これは、今回使用したボートが滑走型のためであり、スピードが増すときっ水が小さくなり安定するためであると思われる。水上バスのエネルギーフラックスはボートとほぼ同じであるが、タンカーの場合には、波のエネルギーフラックスが、 1.72×1

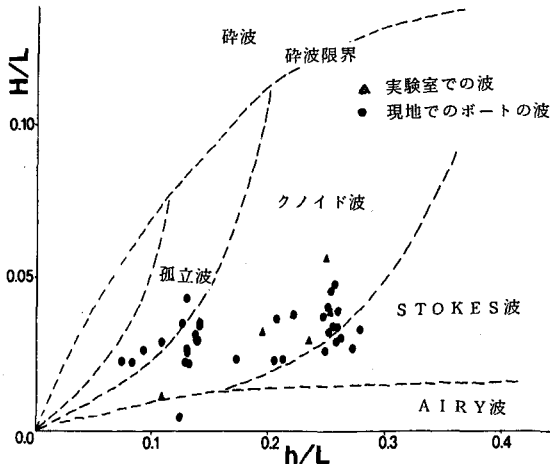


図-4 ボートが造る波の特性

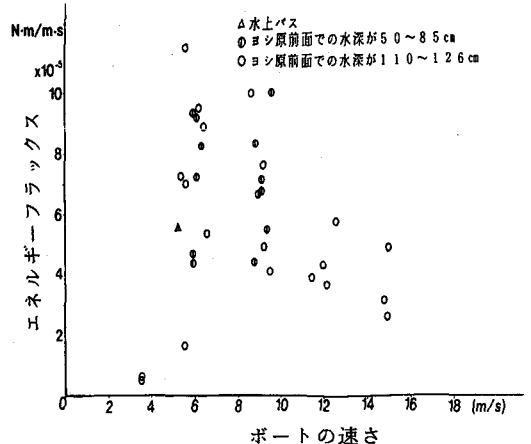


図-5 ボートの速さとエネルギーフラックスの関係

0^{-4} , $2.94 \times 10^{-4} \text{ Nm/ms}$ と1オーダー大きいエネルギーフラックスを持つことが観測より明らかになった。これらの波に対するヨシ原による反射率: K_R ($K_R = H_R/H$)を図-6に、エネルギー減衰率: K_L ($K_L = 1 - K_R^2 - K_T^2$; $K_T (=H_T/H)$ は透過率)を図-7に示す。また2次元造波水路を用いた実験室での結果を図-8に示す。図-6を見ると、反射率は、現地、造波水路における実験ともに波高、波長による大きな変化はなく0.1~0.2程度の値となっており、現地の値の方が多少大きくなっている。これは、現地の場合にはヨシ原のみではなく、ヨシ原との境界付近に存在する河床の段差などによる反射の影響も含まれているためと考えられる。ただし、微小振幅波理論に基づく計算を行っているため、求めた反射率は実際より小さめにみつもられている。このように波の反射率が小さいということは、ボートが通過後に比較的早く水面が静穏化することを意味し、水面利用の上でもヨシ原が有効であることを示す。一方、エネルギー減衰に関しては図-7から波がヨシ原を10m透過するとボートの速さに関係なく80%程度ものエネルギー(波高で10cm程度)が失われることになり、透過距離が4mの場合でも約40%も減じており、エネルギー減衰に対するヨシ原の効果が著しく大きいことが分かる。また、図-8を見てわかるように周期が長ければエネルギーの減衰率は小さく、水深が大きいとエネルギー損失は大きくなる。

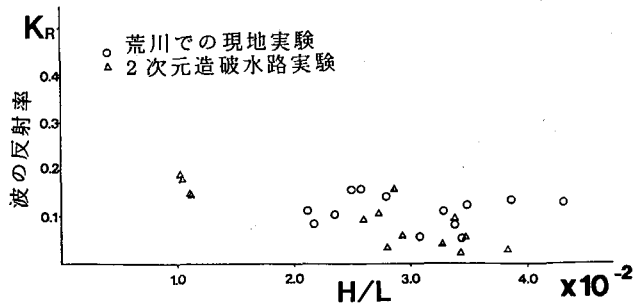


図-6 ヨシ原による波の反射率

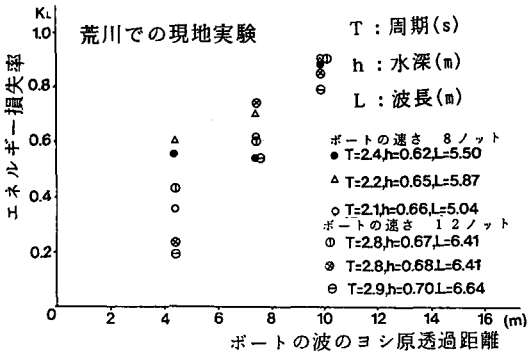


図-7 ヨシ原によるエネルギー減衰率

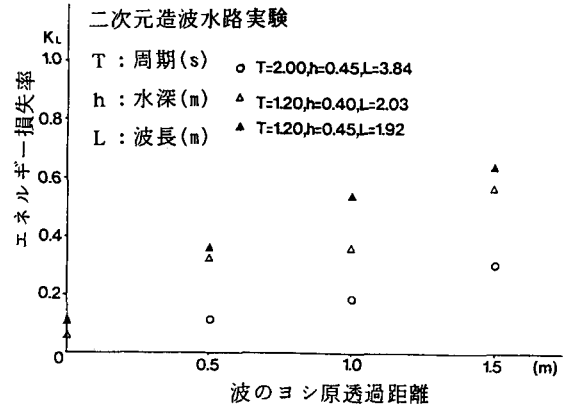


図-8 ヨシ原によるエネルギー減衰率

4. まとめ

今回の検討は、1つのタイプの船を用いて検討したものであるが、ヨシ原による波の反射率は高々0.2程度の小さい値であり、波のエネルギーはヨシ原の中で速やかに減衰する。この事は水辺及び水面利用者にとっても、ヨシ原の効用が著しく大きいことを示している。また、波が河岸を侵食する力は、ヨシ原内でのエネルギー減衰からみてヨシ原の幅が10mあれば、実質的になると考えてよい。ヨシ原は、河岸に向かって緩やかな登り勾配で、かつ平常時の水の流れが弱いところに生育する。ヨシ原のもつ水理的、環境的機能を考えるとき、それらの管理、保全が適切に行われる必要がある。

参考文献

- 1) R.W. Hemphill and M.E. Bramley: "Protection of River and Canal Banks" CIRIA, Butterworth, pp.18-22, 1989.
- 2) 堀川清司: 「海岸工学」 東京大学出版会, pp. 5-48, 1973.