

台風26号に起因する湖水位の上昇と 風波による涸沼親沢鼻の護岸の被災

Beach erosion and damages of wooden seawall due to wind waves with lake
level rise caused by typhoon 9426

宇多高明*・小菅 晋**・松田 勝***・篠崎 剛****

Takaaki Uda, Susumu Kosuge, Masaru Matsuda and Gou Shinozaki

On september 30, 1994 typhoon 9426 hit the Kanto Plain and strong winds blew for a long time with severe rainfall. Due to this typhoon lake level rapidly rose in Lake Hinuma in Ibaraki Prefecture and high waves were incident to seawalls. This study summarizes beach erosion caused by wave overtopping and the damages of wooden seawall located at Oyazawabana sand spit. Furthermore future measures to enhance the stability of bank protection are proposed.

Key words: Damage of wooden seawall, Wave overtopping, Lake Hinuma, Oyazawabana sand spit

1. まえがき

近年、河川工事においては旧来のコンクリートにより河岸を固める方式より、条件が許せば木や石など自然の材料を用いることによって良好な自然環境をできるだけ残し、環境や景観、さらには親水性などにも配慮した多自然型護岸が広く行われるようになった。そしてこの方式はいわゆる河川のみだけでなく、広い水域をもつ湖の湖岸保護のためにも使われている。この種の護岸は通常時の水位条件のもとでは、規模の大きな湖ではかなり大きく発達する風波に対しても十分な効果を有している。しかし湖水位は台風による出水などによりかなり急に上昇することもあり、そうした条件下で波浪が作用すると、折角の護岸の機能が十分果せず、場合によるとコンクリート護岸と比較して弱点となっている部分で被災をこうむることもある。こうした問題は国土保全と環境との調和を考えた場合しばしば生ずるものであり、湖だけでなく、海岸でもしばしば見られる現象である。その意味でこうした点について考察することは多自然型護岸の今後の発展を図る上でも十分価値があると考えられる。

茨城県東部に位置する涸沼の親沢鼻では、近年進んできた侵食に対して湖岸を守るため木製の護岸が造られたが、たまたま1994年9月29日に来襲した台風により、湖水位が約60cm上昇した上に風速10m/s以上の風が続いたため、著しい越波が生じ、護岸の裏込め土砂の流失が起こった。そこで本研究ではこの具体例を通じて湖岸保全のあり方について考察するものである。

2. 涸沼親沢鼻の概況

涸沼は茨城県東部、水戸の南約10kmに位置する面積約10km²の汽水湖である（図-1参照）。この湖の西部には北岸に親沢鼻、南岸に弁天鼻という2つの対称的な形状の砂嘴が発達している。本研究で対象とするのはこれらのうちの北岸に位置する親沢鼻である。親沢鼻は涸沼の西端近くにあるために、吹送距離は図-2に示すように東方向に長い。また、親沢鼻の東4kmに位置する大洗港での気象観測によると、E、ESEの風向が卓越している（宇多・山本、1986）。このため親沢鼻には主として東側からの風波が卓越するが、冬期を中心として西側からの波の作用もあ

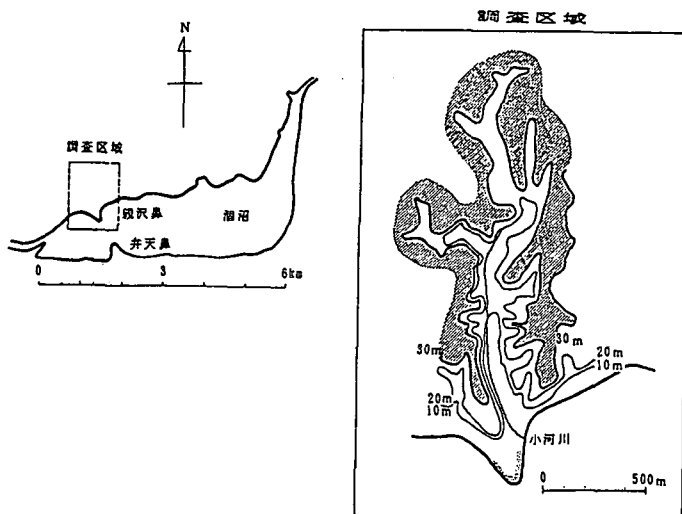


図-1 涸沼親沢鼻周辺の地形図

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川研究室長

** 正会員 東海大学海洋学部海洋土木工学科助教授

*** (株) 三水コンサルタント

**** (株) 小島組

り、それらにより親沢鼻の先端部では東向き、西向きの波浪エネルギーフラックスがちょうど均衡していたと考えられる。しかしながら酒沼の西端部で1947年～1969年に行われた干拓のため吹送距離が短くなり、これによって西側からの作用波が低下して親沢鼻の東岸が侵食され、土砂が西側へと堆積してきた（宇多ほか，1995）。これに伴って従来、無施設の砂礫浜の広がっていた東岸において多自然型護岸の一種と考えられる松丸太製の護が造られた。写真-1には1994年3月16日撮影の親沢鼻の空中写真を示す。その地形的特性については宇多ほか（1995）に詳述したので省略するが、写真中には今回護岸の被災が最も顕著であった地点を点Pで示す。また点Pに隣接し、砂嘴先端部に位置する点Qは同様な被災の見られた地点である。

3. 現地写真による護岸の被災状況の分析

台風による被災が生ずる前の状況に関しては、1994年9月3日の現地踏査により把握することができる。この踏査では写真-1の点Pで示す親沢鼻の東岸位置における護岸状況を調査した。以下ではまずこの踏査時における護岸状況を示す。写真-2は、P点の護岸状況を示す。この当時、護岸ののり先はほぼ平均汀線付近に位置していた。この付近も侵食以前には前浜があったが、次第に侵食が進み、写真に示すように松の根が波に洗い出される危険性が増大したため木製の護岸が造られた（宇多ほか，1992）。護岸の詳細状況を写真-3に示す。直径約20cmほどの丸太とその背後のシートにより背後の裏込め土砂の流出防止が図られている。また、写真に示すようにこの段階において護岸の端部が露出しているため、護岸の裏込め土砂の流出が危惧された。同様に写真-4には同じ護岸の先端部の裏込め土砂の吸い出し状況も示すが、すでに9月3日の段階で幅約50cm、長さ約1mの陥没穴が見られる。これは吸い出し防止シートの下部より土砂が流出していることを意味している。以上のように、1994年9月3日現在においてこの護岸の安定性は必ずしも良好ではなく、被災の可能性が指摘された。このような状況下において1994年9月29日、台

風26号が来襲して湖水位が上昇するとともに強風に伴う風浪が作用した結果、越波により護岸背後の裏込め土砂の流出が生じた。台風後の10月16日の同じ護岸状況を写真-5に示す。写真-3と比較すると、護岸端部から土砂が流出したため松の木根が洗い出され、約1.6m幅で裏込め土砂が消失した。写真-5を逆方向より望んだのが写真-6である。護岸背後の土砂は広い範囲で流出したが、土砂流出後の背後地の地盤高は南側が高く、写真-5に示す護岸の端部で低くなる。この結果護岸への越波の戻り流れがこの端部に集中し、それによって裏込め土砂が端部ほど著しく流出したと考えられる。10月16日の現地調査時には洪水により上昇した湖水位の痕跡水位を写真-1において点A、Bで示す地点で調査した。点Aは砂嘴の先端部、点Bは東岸の流入河川のわずかに手前側の地点である。痕跡水位はA点では侵食により洗い出された植物の根と付着した浮遊物の高さを、また点Bでは浮遊物の高さを測定した。点Aでは2回の測定を行い、62cmと57cmを得た。また点Bでは63cmとなった。以上の全平均値は61cmである。酒沼の湖水位は外海の潮位の変動とともに緩やかに変わるので厳密ではないが、約60cmの水位上昇があったと推定される。そこで、現地調査時の水位が

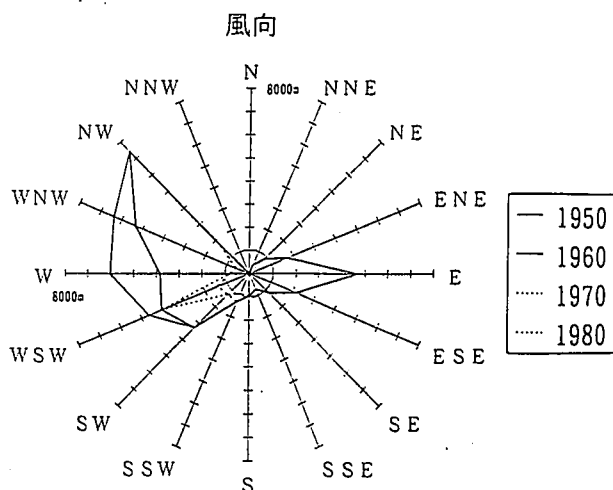


図-2 酒沼親沢鼻での吹送距離の分布

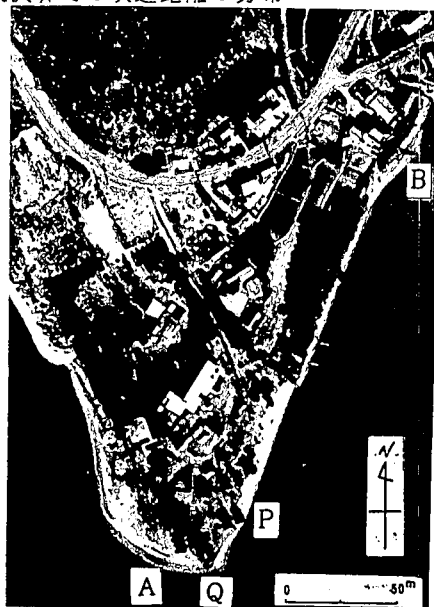


写真-1 酒沼親沢鼻の空中写真

（1994年3月16日撮影）



写真-2 親沢鼻東岸の湖岸状況（1994年9月3日撮影）

写真-2 親沢鼻東岸の湖岸状況（1994年9月3日撮影）

台風前の水位とほぼ同一であったと仮定し、護岸の前面の湖水面からの高さを測定した。写真-7に測定状況を示す。水平ポールは汀線上に立てた垂直ポールの高さ50cmの位置に合わせている。これによると水平ポールと護岸の天端との距離は70cmであるから、台風時の護岸の天端高は約60cm、堤脚水深も60cmであったことになる。このような条件で強風と風浪が作用したため著しい越波が生じたと考えられる。親沢鼻の東岸において東側に最も突出した護岸から南側の9月3日時点の状況は写真-8に示すようである。護岸の天端と背後の地盤高は同一であり、滑らかに接続していた。ほぼ同じ位置の台風後の状況を示すのが写真-9である。写真前方には長さ2mのポールを護岸天端より内陸側に水平に置いているが、越波により約2mの範囲まで影響を受けている。いずれの断面でも護岸の裏側はえぐられるように侵食され、侵食土砂の一部が内側に堆積している。写真-10は写真-9よりさらに砂嘴の先端部の状況を示す。親沢鼻は先端に近づくとき次第に標高が低くなる。このため護岸と湖浜との標高差も次第に減ずる。このため護岸へ越波した水は護岸に沿って先端方向と砂嘴の付け根方向へと流出した。北向きの流れが松の木の根付近を激しく侵食したのは写真-5に示したとおりである。一方、先端方向へ流れた水は、先端部の護岸をのり越えて湖内へと戻ったが、先端部では写真-10に示したように連続的に護岸があるため著しい土砂の流出は生じなかった。しかし写真-10に示すように護岸より内側には大量のゴミが集積されていることから、強い戻り流れが生じていたことが理解される。

4. 考察

酒沼親沢鼻では近年その東側の湖浜が侵食され、西側が張り出してきている。この原因は1947年～1969年に行われた酒沼西部、酒沼川河口両岸での干拓にある。この干拓により親沢鼻から酒沼西岸までの吹送距離が減少し、西側からの作用波のエネルギーが減少して親沢鼻での西向き東向き波浪エネルギーフラックスの均衡が失われた（宇多ほか，1995）。均衡が失われたことにより地形変化が起きているが、砂嘴自体の規模は湖のスケールに比較して小さく、またそれが湖へ突出した形状を持つがゆえに安定形状に到達することはできない。したがって親沢鼻の東側での侵食は今後も続くと推定される。

台風26号の来襲時、酒沼の東約4kmに位置する大洗港での気象観測によると、9月29日15時～9月30日14時の間、表-1に示す風速が発生した。E, ESE, SEの3方向の最大風速はそれぞれ9.6m/s, 11.9m/s, 13.8m/sであった。次に、図-2に示す吹送距離の分布よりE, ESE, SE方向からの風波の有義波高 ($H_{1/3}$) と周期 ($T_{1/3}$) をSMB法（海岸保全施設築造基準連絡協議会編，1987）を準用して求めると、E方向が $H_{1/3}=0.45$ m, $T_{1/3}=2.3$ s, ESE方向が $H_{1/3}=0.40$



写真-3 木製護岸の端部の一部被災状況（1994年9月3日撮影）



写真-4 木製護岸の先端部における土砂の吸い出し状況
(1994年9月3日撮影)



写真-5 木製護岸背後のうらだめ土砂の流出
(その1、1994年10月16日撮影)

m, $T_{1/3}=2.0\text{s}$, そしてSE方向が $H_{1/3}=0.35\text{m}$, $T_{1/3}=1.7\text{s}$ となった。前述のように、台風時護岸の堤脚水深は約60cmで、湖水位から護岸天端までの高さは60cmであった。したがって護岸への作用波はほぼ完全反射し、重複波となるから、その時の波高はE方向で90cm, ESEが80cm, SE方向が70cmとなっていていずれも護岸の天端高より高い。また、台風による高波浪は湖水位の変化はあったとしても表-1に示す風速変化によれば13時間の継続時間を有する。このため写真に示したように著しい土砂流出が生じたと考えられる。また、写真-1に示したように護岸背後の裏込め土砂の流出が生じたのは砂嘴の東岸～先端、すなわち点P～点Q間であったが、表-1の風向風速によると強風はE～SE方向に集中しており、強風の方向と親沢鼻の被害区域とはよい一致を示している。越波は主として洪水により湖水位が上昇し、その状態で強風に伴う風波が作用したため生じたものである。越波が生じると背後地の土砂流出が生じるとともに、この湖水は塩分を含むため植生の生育に悪影響を及ぼす。このため護岸の裏込めを復旧するのみではなく、越波防止を図ることも必要とされる。この場合の対策案は主として図-3に示す3通りに分かれる。

第1案は護岸をかさ上げて天端高を高めるもの、第2案は護岸の前面に消波施設を設置するもの、そして第3案は養浜により護岸の堤脚水深を浅くする手法である。図-3には各案の断面図と平面図を併せて示す。第1案ではかさ上げされた護岸が砂嘴の先端に沿って伸びることから、親水性の大きな阻害要因となる。第2案も同様である。第3案では養浜を基本としており、連続的に養浜を継続することができればA-A'断面に示すような小突堤は不用である。しかし、養浜量や回数に制限があって土砂流出量を減少させたいのであれば沿岸漂砂量自体を減少させるための施設、例えば図示するような小突堤が必要となる。これらのうち、親沢鼻は親水公園として広く利用されていることから、第1、2案の選択は適切でないと考えられる。したがって第3案が望ましいと考えられるが、現況では親沢鼻の先端部で西向きに約 $100\text{m}^3/\text{yr}$ の沿岸漂砂（宇多ほか、1992）があるので、単に土砂投入を行うのみでは養浜砂はただちに砂嘴の西側へと流出してしまうことになる。したがって西向きの土砂流出を完全には止めないが、沿岸漂砂量を1オーダー下げられるよう、小規模な突起を有する構造物を自然石等で作り、漂砂の流出を制御する方策の有効性が高いであろう。

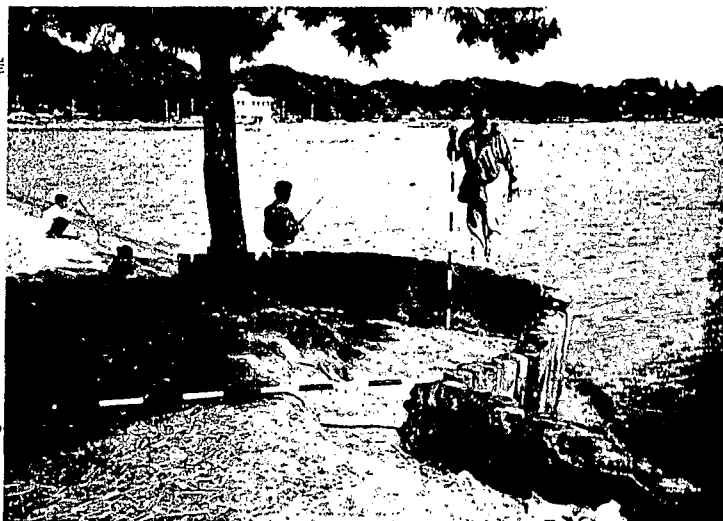


写真-6 木製護岸背後のうら込め土砂の流出状況
(その2, 1994年10月16日撮影)

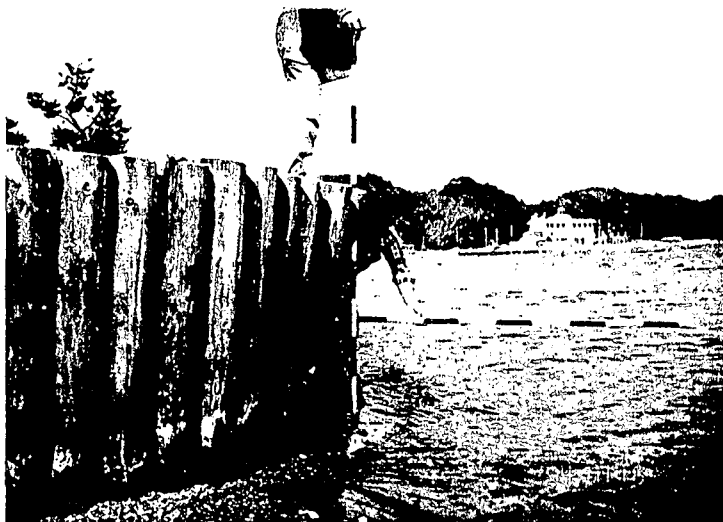


写真-7 痕跡水位より推定される台風時の湖水位と護岸の関係



写真-8 親沢鼻の先端部東岸の湖岸状況 (1994年9月3日撮影)

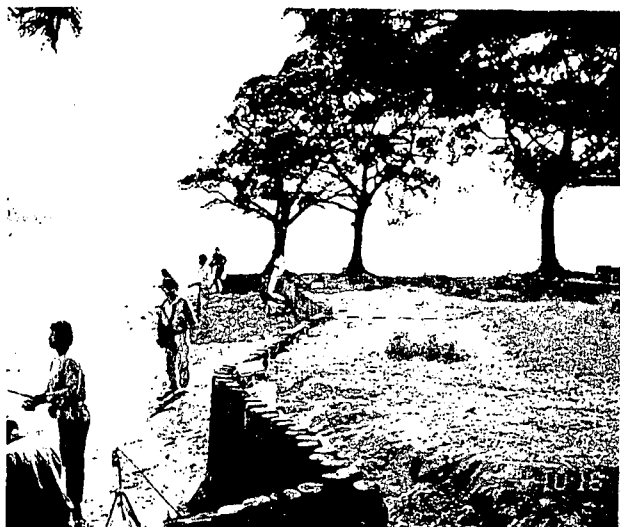


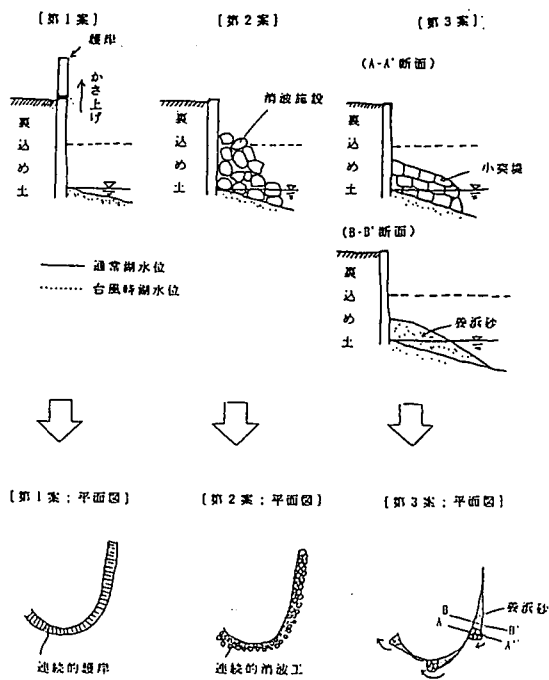
写真-9 親沢鼻の先端部東岸の湖岸状況
(1994年10月16日撮影)



写真-10 護岸背後の越波状況 (1994年10月16日撮影)

表-1 台風26号来襲時における大洗港の風向風速

観測時刻	風向	風速 (m/s)
9/29 15:00	N N E	5.8
16:00	E	5.9
17:00	E S E	10.9
18:00	E S E	9.3
19:00	E S E	11.9
20:00	E	9.6
21:00	E	8.2
22:00	E	8.3
23:00	E S E	9.1
24:00	E S E	7.1
9/30 1:00	S E	8.9
2:00	E S E	9.2
3:00	S E	13.8
4:00	S E	11.4
5:00	S E	11.7
6:00	S S E	15.6
7:00	S S E	13.5
8:00	S	12.9
9:00	S	9.1
10:00	S	10.0
11:00	S	8.8
12:00	S S E	9.9
13:00	S S E	11.2
14:00	S	11.5



5. あとがき

親沢鼻で生じている問題は台風の出水に伴う湖水位の上昇と風波による越波である。問題自体は現地海岸でしばしば見られるものであって、特別新しい現象ではない。しかしこれよりただちに護岸の天端高のかさ上げや消波施設を設置する越波防止の策が必要と結論し、景観や自然環境に及ぼす影響について十分検討することなく実施すれば、確かに越波防止上は効果があるもののそれによって景観や親水性、あるいは天然の砂浜のそう失など失うべきものも多い。これでは親水公園として広く庶民に利用されている親沢鼻の特質を失うことになり、何のための湖岸整備か分からなくなる。一方、親沢鼻はそのまま放置しても波浪エネルギーのバランスが失われてしまっているので安定形状に達することはないので、何らかの有効な策を展開することが強く望まれている。この意味より、生じている地形変化の規模は小さくても、本質的問題を含む点において現地海岸の諸問題とまさるとも劣らぬ重要性を有している。

参考文献

- 宇多高明・小菅 晋・松田 勝・篠崎 剛（1995）：酒沼親沢鼻の湖浜特性に関する一考察，海洋開発論文集，Vol. 11.（印刷中）
- 海岸保全施設築造基準連絡協議会編（1987）：改訂海岸保全施設築造基準解説，p. 269.