

河口からの遡上波による高潮災害と その対策-茨城県の瀬上川の例

INUNDATION CAUSED BY PENETRATION OF SWELLS AND LONG- PERIOD WAVES INTO RIVER MOUTH AND COUNTERMEASURES—AN EXAMPLE OF THE SEGAMI RIVER IN IBARAKI PREFECTURE

宇多高明¹・山中 博²・助川 進³・高野泰隆⁴・大木康弘⁴・神田康嗣⁵・芹沢真澄⁶

Takaaki UDA, Hiroshi YAMANAKA, Susumu SUKEGAWA, Tairyu TAKANO,
Yasuhiro OOKI, Yasutsugu KANDA and Masumi SERIZAWA

¹正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所研究総務官(〒305-0804茨城県つくば市旭1)

²茨城県土木部河川課計画担当係長(〒310-8555茨城県水戸市笠原町978-6)

³茨城県高萩土木事務所河川整備課係長(〒318-0003茨城県高萩市大字下手綱1405-2)

⁴正会員 (株)水圏科学コンサルタント (〒145-0064東京都大田区上池台1-14-1)

⁵正会員 (有)水域ネットワーク (〒134-0088東京都江戸川区西葛西6-16-7 302)

⁶正会員 海岸研究室(有) (〒160-0011東京都新宿区若葉1-22ローヤル若葉208)

The inundation process caused by the penetration of swells and long-period waves into the mouth was investigated through field observation and numerical analysis, taking the Segami River flowing into Hitachi Port in Ibaraki Prefecture as the example. Due to the river improvement for flood control, the riverbed was deepened, enhancing vulnerability against wave penetration. The effectiveness of the plan constructing a detached breakwater off the river mouth and a reduction pond in the river was confirmed by the numerical analysis.

Key Words: Inundation, storm surges, long-period waves, Segami River, river mouth, countermeasures

1. まえがき

茨城県管理の二級河川瀬上川は日立市の久慈浜駅周辺の人家密集地域を流れ、日立港へ流入している。久慈浜駅周辺は河道幅が狭く周辺地盤高も低いために、これまでたびたび浸水被害を受け、早期改修が望まれてきた。1979年10月18日の洪水では時間最大雨量27mm/hrの降雨により駅周辺部の約200世帯が浸水し、駅前で最大湛水深0.8mを記録した。このため河道拡幅や掘削などからなる河川改修工事が1972年から1994年にかけて行われた。これによって洪水に対する安全度は向上したが、新たに河口からの波浪の侵入による水害という問題に遭遇した。すなわち河口から「うねり」が遡上し、河口から約700m上流の暗渠部付近で溢水する事態が発生したのである。溢水は付近の家屋に被害を及ぼすことから早急な対策が必要とされている。

このような中小河川の河口からの波浪侵入による被害とその対策についての研究は少ないが、宇多・野口¹⁾は、京都府の岡尻川河口において河口からの遡上波による被害について報告し、河口が漏斗状に開いているために断面急縮により遡上波の波高増大が起きたことを明らかに

し、対策として人工的な河口砂州を造って低水路幅を狭め、同時に低水路を蛇行させることによって遡上を防ぐ方法を示した。本研究でも同種の問題を対象として、うねりの遡上現象の実態把握とその対策について検討する。なお、瀬上川の流域面積は1.59km²、計画高水流量は28m³/s(渚橋)で、二級河川指定区間の流路延長は750mである。

2. 地形条件と瀬上川の概要

久慈川の改修が行われる前の瀬上川河口周辺の旧版地形図(1960年)と1999年12月22日撮影の空中写真を図-1および写真-1に示す。日立港の建設以前、久慈浜駅周辺は周囲を丘陵地に囲まれ、北向きに大きく蛇行して流れていた久慈川の左岸に面した低地であった。瀬上川下流部の地形は写真-1に示すように瀬上新橋を境に大きく二分される。この橋より上流は旧河口部河道であり、下流は日立港の埋め立て地である。旧河口部の久慈浜駅周辺は家屋が密集している。河口には南端に狭い開口部を有する防波堤と波除堤がある。河川は日立港内に流入しているものの、河川の延長線方向に日立港の防波堤の開口部があ

るため、太平洋からの波浪が直接的に河口へ到達可能である。比較的周期の短い波浪は防波堤・波除堤によって阻止されるが、周期が長い波浪はこれらの施設に囲まれた第3船溜まり(以下、泊地)内を伝わり、瀬上川を遡上して溢水等の被害をもたらす。大規模な被災例として1997年9月19日の浸水範囲を示す。また図-2に湛水位を示す。

図-2の縦断形に示すように旧河口部の地盤高は最低で T.P.1.1m と低いのに対し、埋め立て地は T.P.2.2~2.9m と高い。このため瀬上川河口から久慈浜駅背後までの地盤は、久慈浜駅周辺を底とした U 字型の縦断形を有する。このように瀬上川旧河口部付近は周辺からの雨水が集まり易い地形を有している。瀬上川の河床勾配は旧河口部で約 1/900、埋め立て区域では約 1/300 である。また護岸の天端高は周辺地盤とほぼ同じ高さを有する。このため河口部から久慈浜駅へ向かって天端高は T.P.2.35m から T.P.1.37m へと下がっている。一方、計画高水位は河口部の T.P.0.61m から久慈浜駅前の暗渠部で T.P.0.77m と計画されている。また暗渠頂版の下面高は T.P.0.92m であり、前面の護岸天端高(T.P.1.37m)より 0.45m 低い。最も護岸天端高が低く計画高水位の高い暗渠部付近の護岸余裕高は 0.60m、暗渠頂版の下面高と計画高水位の差は 0.15m でありほとんど余裕がない。

写真-1に示したように河口における河川流の流出路としては泊地の開口部(幅10m)のみである。泊地の水深は約 5m であり、瀬上川河口は水深約 4m、幅約 7m で泊地に繋がっている。河口から上流側約 700m 付近の暗渠まではコンクリート3面張りの開水路であるが、約 400m までが 7m 幅の複断面、それより上流部は単断面で徐々に幅が狭まり暗渠部分での川幅は約 3.5m となる。

3. 瀬上川での浸水被害発生時の気象・海象条件

瀬上川において溢水の確認された 5 時期について海象・気象データの整理を行った。データは、潮位(日立港)、有義波高・周期(常陸那珂港)、気圧・降水量(常陸那珂港ただし欠側の場合は日立港)の 5 項目である。港湾名はそこでの取得データである。以下に述べるように溢水被害が生じたのは 9 月が 4 回、10 月が 1 回でいずれも秋季である。また原因別では台風起因するのが 4 回、低気圧が 1 回である。図-3には溢水発生日における潮位、有義波高・周期、気圧・降水量の時間的変化をまとめて示す。なお以下の文中のカッコ内の防波堤設置の有無は泊地前面の防波堤・波除堤の設置有無を表す。

(a) 1995 年 9 月 17 日(波除堤設置前)

台風 12 号の接近に伴い気圧が低下し最低気圧は 987.5hPa となった。この期間の最大雨量は 8mm/hr であった。潮位変化には日潮不等が極端に現れており、8 時~23 時には T.P.約 0.6m 以上の潮位が観測された。同日の日立港の推算潮位と比較すると偏差は最大約 0.6m に達した。また有義波高も高く 14 時には 4.1m の波高が観測され、周期は次第に増加し 20 時には約 12s に達した。

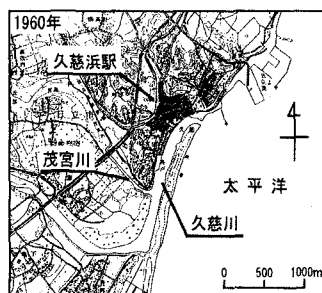


図-1 瀬上川河口周辺の旧版地形図

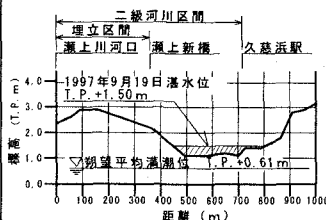


図-2 瀬上川の縦断地形

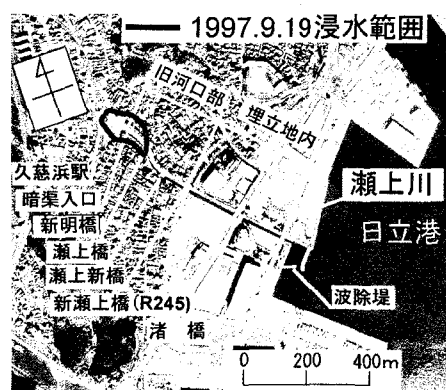


写真-1 現在の瀬上川河口 (1999年12月撮影)

(b) 1996 年 9 月 1 日(波除堤設置前)

台風 14 号の接近に伴って緩やかな気圧低下が生じていた。降雨はほとんど観測されていなかった。当日の潮位変化には日潮不等は見られず、潮位偏差も最大で約 0.15m と比較的小さかった。しかし有義波高は最大約 3m、周期も約 12s と長周期の波が来襲していた。

(c) 1996 年 9 月 22 日(波除堤設置前)

台風 17 号の接近に伴って気圧が急低下し、17 時には 981.8hPa となった。また 9 月 22 日 14 時には時間雨量 21mm を記録した。潮位変化では日潮不等が顕著になり、22 日 11 時から 23 日 2 時まで T.P. 0.6m 以上の潮位が観測された。偏差は最大約 0.5m に達した。また有義波高も高く 18 時には約 7m の波高が観測された。周期は 8~12s の間で変化している。

(d) 1997 年 9 月 19 日(波除堤設置後)

台風 20 号の接近とともに気圧が低下し、13 時には 994.3hPa となった。降雨量は少なく総雨量で約 13mm であった。潮位変化を見ると潮位偏差が気圧低下と同期して大きくなり、11~16 時で約 0.3m となり、有義波高が約 4m と高く、周期も 12s を越える長周期波が襲来していた。

(e) 1999 年 10 月 27 日(波除堤設置後)

10 月 26 日から 28 日にかけて東シナ海から太平洋沿岸を低気圧が急速に発達しながら通過した。これにより各地で記録的な降雨がもたらされた。日立でも 10 月 27 日 21 時には最大雨量 81.5mm の豪雨が記録された。低気圧の接近に伴って潮位偏差が増大し 0.3m 以上の偏差が 27 日 18 時から 28 日 6 時まで継続した。また有義波高も高く、27 日 22 時には約 5m に達したが周期は 10s 未満であった。

溢水の生じた 5 例から特性を調べると、いずれも台風または強い低気圧下で生じ、この時の潮位偏差は 1 例を除き 0.3m～0.6m に達していた。同様に 1 例を除いて有義波高も 4m 以上と高い(周期は 11～13s)。また降雨と溢水の関係では降雨がない場合においても溢水は起きている。さらに 1996 年 9 月 1 日は特別な条件なしにもかかわらず溢水が生じているが、この場合の唯一の関連条件は周期がほぼ 12s で推移した点である。

図-4 は 1996 年から 1999 年までの久慈漁港(日立港の北側に隣接)における各月の平均海面の経時変化である。これによれば月別平均海面は年平均海面 0m に比較し 3 月に最も低く -0.12m となり、9 月には逆に最も高く 0.11m となる。また年別では 1997 年 9 月が最も高い潮位であり 0.15m であった。このような平均海面の季節変動があるために秋季には溢水の危険度が増大傾向にある。

溢水発生日における久慈漁港の潮位観測記録の一例として、図-5 には 1997 年 9 月 19 日の 2 時から 13 時までの潮位データを示す。潮位変化に加えて振幅約 0.7m の副振動が発生していることがわかる。そこで 75s 間隔での読み取りデータを 10s 間隔でスプライン補間してスペクトル解析を行った。その結果 150s 付近にピークが確認できた。

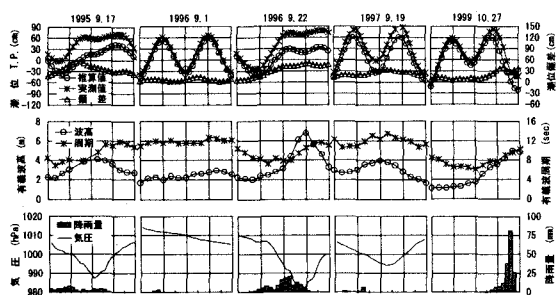


図-3 溢水発生日の気象・海象条件
上段：潮位と潮位偏差、中段：有義波高・周期、
下段：気圧と降雨量

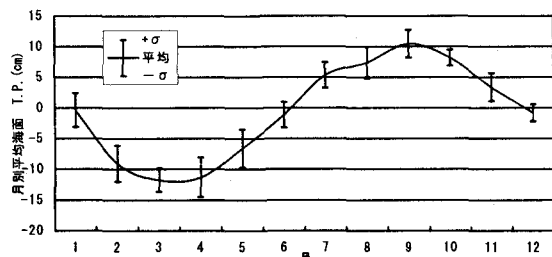


図-4 久慈漁港の平均海面の変化(1996～1999 年平均)

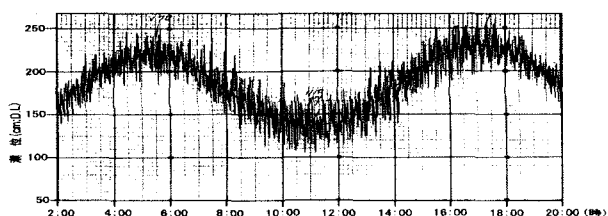


図-5 潮位記録に見られる副振動の記録
(1997年9月19日の2時から13時)

長周期波(副振動)の原因は外洋からの長周期波の襲来と日立港の形状に起因する共振と考えられる。また後述するように常陸那珂港の観測波浪を日立港々口の波浪に換算したデータによれば、日立港に襲来し、溢水に関係するうねりは比較的長い周期を有している。例えば港口で波高 4m を超える波の約 50% は 12s 以上の周期を有する。また日立港に進入する波の入射方向は全体の 46% が E, 35.8% が ESE であって、高波高のエネルギー卓越方向は E7.4° S である。

4. 瀬上川での溢水状況

1997 年 9 月 19 日の台風 20 号時、河口からの遡上波による久慈浜駅周辺での護岸からの溢水が生じ、著しい浸水が発生した。瀬上川河口部の河道は複断面河道であり、ほぼ水平な水たたき部を有する。写真-2 は渚橋から上流方向を望んで撮影したものである。上流方向へと波が伝わっており、左岸護岸の濡れた状況からこの場所での波高が約 0.6m であることが見て取れる。写真-3 は前方に久慈浜駅前の暗渠部を望みつつ河道内の波浪の伝播状況を撮影したものである。この付近では波高が約 1.0m であり、写真中最も手前側とその次の波との間で波長を求めると波長は約 15.4m であった。写真-4 は久慈浜駅前で暗渠構造となる場所での浸水状況である。水路の天端高が周辺地盤高より高いために水路から溢れた水が周辺へ流れ出している状況がよく分かる。

5. 波エネルギーの伝達と溢水の機構

第 3 節での議論によれば、溢水に大きく関係する要素は①潮位の季節変動(図-4)、②台風時の気圧低下、風の吹き寄せに伴う海面上昇(図-3)、③副振動による数分から 20 分周期の水面変動(図-5)、④港内～河道内への波浪侵入である。溢水の起きた季節はほとんどが 9 月であるが、この時期は年平均と比較して水位が約 0.1m 高い。また副振動(共振)の振幅は大きい時には 1m 以上に達し、数分から 5 分程度の周期で海面を 0.5m 以上上昇させる。また細長い河道内でも共振現象が発生する可能性があり、その場合の周期は計算によれば 7 分と 2.5 分である。

(1) うねりの伝播

うねりの侵入に関しては、日立港へ襲来したうねりが泊地を経て河口に侵入したあと、河道を遡上して上流端に至る。この間の波浪変形は図-6 に要約される。

① 沖合～河口での波浪変形

沖合から日立港の港口まで海底地形の影響を受けて屈折・浅水変形が起こる。この波が港内へ入射し、港口の防波堤で回折して波高は低減する。回折波は港内の岸壁で反射される。泊地にはこの回折波と反射波が入射し、泊地内でも回折・反射が起こる。これらの波の合成波が河口へ入射する。

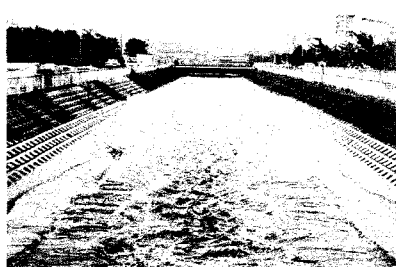


写真-2 最下流から上流を望む

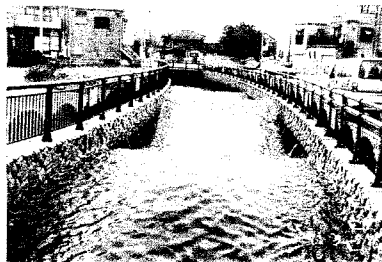


写真-3 上流に遡上した波の状況



写真-4 暗渠での溢水状況

②河口～河道上流端部

河口へ侵入した波は河道を遡上する。河道幅と水深変化による波高変化はグリーンの法則で支配される。瀬上川は河道幅が上流へ向かって狭まり、かつ水深も小さくなるため波高が増大する。現況断面では上流端付近で河口での波高の1.3～1.5倍に増幅される。

③河道上流端部

上流端はボックスカルバートになっているが、遡上波に対しては断面積が小さいため反射が起こる。

以下では波浪変形モデルを用いて港内～泊地～河道に至るうねりの伝播現象の再現計算を行った。計算手順は次のようである。

- ① 常陸那珂港の観測データについてエネルギー平衡方程式法により屈折計算を行い、日立港前面の波高の出現頻度に変換する。
- ② 高山モデル²⁾を用いて港内静穏度計算を行い港内の波高分布を求め、泊地に到達する波高比から泊地内に侵入する波高の出現率を推定する。
- ③ 泊地外で共振を含んだ波浪の伝播計算を線形長波モデルにより行い、泊地に進入しやすくかつ泊地内で共振する波浪の特性を検討する。

日立港前面における波浪変形計算にはKarlsson³⁾による不規則波のエネルギー平衡方程式の数値計算手法を用い、表-1の条件を設定して実施し、周期・波向ごとの波高変換係数を求めた。表-2が計算結果である。さらに日立港港口地点における波高・周期の出現頻度を作成した。換算結果から97.5%出現波高を求めると2.2mとなった。この値は対策工を検討する際の波高条件となる。

また、港内の波高変化は、泊地前面までと泊地前面から河口までの2段階に分けて検討した。

港口から泊地前面までは、入射波向のエネルギー集中方向97.4°と表-1に示した波高・周期の組み合わせについて波高比分布を計算し、泊地前面4地点の平均値を波高比とした。結果を表-3に示す。ついで、これら周期4s以下、4s～11s、11s以上の3ランクについて求めた波高比を港口部の各波高に乗じて泊地前面における波高出現率に変換した。この結果泊地前面での97.5%波高は0.56mとなった。波高の出現頻度の検討から、0.5m程度の波高が比較的頻繁に来襲することがわかる。次に、泊地前面から河口部では、0.5m程度の進入波がどのように変形するかを検討した。泊地内では周期の違いにより波浪の増幅度合いが違うこ

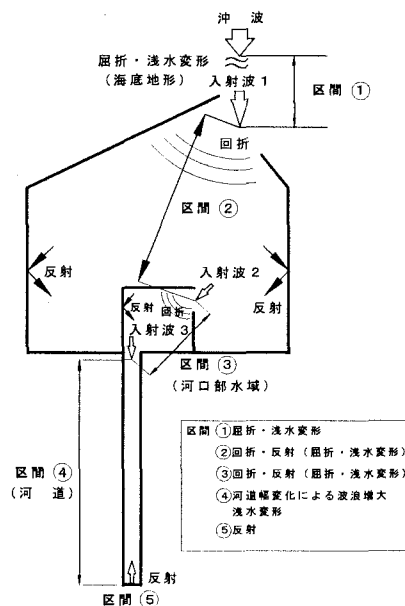


図-6 うねりの進入・伝播・変形

とが予想されることから、入力波高0.5mで周期6sから14sまで2sおきに5ケースの計算を実施した。表-4は泊地内における波高の算定結果であり、比較的長周期である12～14sの波浪が増幅していることがわかる。さらに、図-7に示すように周期12s程度のうねりは泊地の固有周期に等しいため共振して減衰されることなく河道内へ侵入している可能性がある。

第4節で示した写真をもとにうねりについて河口と暗渠付近の波高および増幅率を推定し、グリーン則および数値計算結果との比較を行った。表-5に結果を示す。なお、推定計算では入射波高に設計波を用いると過大となり、逆にエネルギー平均波のように低い波では過小評価となる。そこで港内の荷役限界波高（日立港では0.5m以下）と、船舶が停泊あるいは係留可能な静穏度が年間を通じて97.5%確保されることから得られる波高（0.56m）のどちらかを用いることとした。比較の結果大きい値を採用した。

推定された増幅率はグリーン則の反射未考慮と全反射の増幅率のほぼ中間にある。これは波の一部が溢水し、一部が反射している状況を示しており、写真-4の状況と一致している。数値計算は反射率を1.0として行った。河口および暗渠前面付近の波高が推定値と若干異なるが、グリーンの増幅率とは一致している。これらより推定値は理論値とかなりよい一致を示す。

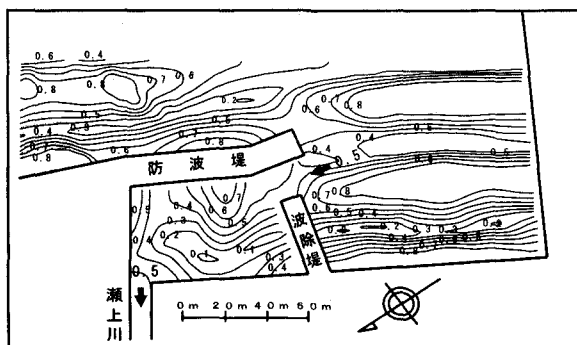
案 件 項 目				股 定 値			
周 期	期 間	(s.m)		4	0	5	1 1 0
				0	5	0	4 0 0
						1	0
計 算	算 子	a.x	開 端	1	0	0	1 0
				9	7	5	0 k.m
						5	0 0 m
						5	0 x
方 向	分 割	二 分	算 術	1	9	5	1 3 4
						3	6

周期ランク	～4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0～
変換係数	0.95	0.94	0.93	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96

波向	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW
角度差	38	32	25	18	10	3	0	-4	-6	-8	-10
変換係数	0.72	0.77	0.82	0.87	0.91	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99

波浪条件			泊地前面の波高比
波高(m)	周期(s)	波向(°)	
0.5	4	97.4	0.27
1	7	97.4	0.24
4	11	97.4	0.25

波浪条件			泊地内の波高(m)	
波高(m)	周期(s)	波向(°)	河口前面	最大値
0.5	6	135	0.15	0.2
0.5	8	135	0.2	0.5
0.5	10	135	0.15	0.2
0.5	12	135	0.5	0.7
0.5	14	135	0.45	0.7



(2) 潮位の設定と長周期波

計算に用いた潮位条件としては、まず朔望平均満潮位 T.P.0.61m の条件下で、被災時の気圧記録の最低気圧を平均すると約 25hPa となるので、これから気圧低下に伴う水位上昇量を 0.25m とした。日立港の潮位記録には港内副振動が認められるので、泊地～河道の水位を上昇させる要因として泊地前面における長周期波の共振を線形長波モデルにより検討した。長周期波の波高については観測データがないのでうねりの波高の 10% (0.2m) と推定し、周期を 30～300s としてうねりと同じ方向から波を入射させた。計算結果を表-6 に示す。

これによると周期150sの場合に泊地前面の波高が0.5mとなつて、入射波高の2.5倍に増幅している。代表例として周期120sの計算結果を図-8に示す。なお日立港の固有周期と瀬上川河道の固有周期が等しいため、河道内が港内の副振動と共振して水面変動が生じ、これらに拍車をかけている可能性もある。

波 浪 条 件			港 内 の 波 高 (m)	
波 高 (m)	周 期 (s)	波 向 (°)	泊 地 前 面	最 大 値
0.2	30	0.0	0.15	0.30
0.2	60	0.0	0.10	0.20
0.2	90	0.0	0.20	0.40
0.2	120	0.0	0.20	0.40
0.2	150	0.0	0.50	0.80
0.2	180	0.0	0.30	0.80
0.2	240	0.0	0.20	0.50
0.2	300	0.0	0.20	0.40

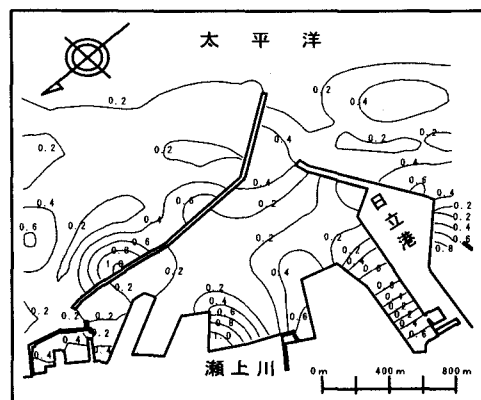


表-5 グリーン則による計算と数値計算の比較

項 目		写真2 H_1	写真3 (暗渠) H_2	波高 増幅率 H_2/H_1	備 考
現地写真から の推定値		0.5m	1.1m	2.2	写真をもと に現地計測
計 算 結 果	グリーン 則による 算定			反射未考慮 1.3	現地形より 増幅率を 算定 $h_1=6.2m$ $h_2=5.0m$ $B_1=4.9m$ $B_2=3.3m$
				反射率1.0 2.6	
	シミュレーション による算定				反射率1.0 (完全反射) と推定
		0.56m	1.45m	2.59	

H_1 ; 河口波高 h_1 ; 河口水深, h_2 ; 暗渠前面水深
 H_2 ; 暗渠前面波高 B_1 ; 河口川幅, B_2 ; 暗渠前面幅

(3) 溢水の機構

瀬上川の溢水原因には、第1には長周期波の影響があげられる。一部の長周期波は波高が増大して泊地に到達する。久慈漁港内の潮位記録によれば、台風来襲時などに長周期変動(副振動)の発達が見られ、この振動が河川内の水位変動に影響すると推定される。120sの周期・波高0.2mの波を日立港港口部から連続的に入射させた場合、日立港の形状は120s前後の周期を持つ波浪に対し共振が発生し、泊地と日立港港口部の波高比は概ね2.5倍となる。

第2には河道形状の影響がある。瀬上川河口は水深がT.P.-4.29mと深く、また川幅が7mと広いため波浪が侵入し

やすく、さらに河床勾配が約1/900と緩やかなため侵入した波が減衰せずに伝播する。また川幅が上流ほど狭くなるため、波高が増大することになる。さらに最奥部では開渠構造から暗渠構造に変化しているため波の反射が起き、遡上波と重合して波高の増大が起こる。以上の理由により、河口と最奥部の波高は周期12sの波で約2.5倍、周期120sの長周期波で約1.7倍に増幅する。

第3には河道が地盤高の低い低地を流れていることである。開渠から暗渠に河道断面が変化する久慈浜駅前の周辺地盤高はT.P.1.1～1.3mと非常に低い。このため周辺地域の降雨排水が集まり易い。また河川護岸の天端高は周辺地盤とほぼ同じ高さのため溢水しやすい。

第4は潮位の年偏差の影響である。秋季は月平均水面が高いと同時に、気象潮が高まる原因である台風の影響に当たる。秋の平均潮位は天文潮位の周年偏差により最も高くなる。この時期は日本周辺に台風が来襲する季節であるために気象潮による潮位上昇も起こり易い。

6. 対策案の検討

対策案の検討においては、①河道内に進入する波高の減衰を図る方法、②河道内に進入した波高の減衰を図る方法、③河道内への波浪の進入自体を阻止する方法、④海域と河道内を遮断し、潮位変化の影響を阻止する方法、⑤河道内の水位が上昇することによる溢水の防止を図る方法、の5案について検討した。

泊地周辺に対策工を設置する案としては、図-9 に示すように新規波除堤、波除堤延伸、人工島、防波堤延伸、導流堤、減衰池、水門+ポンプ案がある。各対策工の波浪低減効果は表-7 のようにまとめられる。うねりに対して最も効果が高いのは新規波除堤(案1)で、波高は現況の42%に減少する。長周期波に対して最も効果が高いのが減衰池(案6)で現況に対して9%の減少である。またうねり・長周期波ともに低減効果があるのは減衰池である。しかし単独の対策で暗渠前の護岸天端高 T.P.1.37m を下回るものはない。そこで新規波除堤、減衰池、嵩上げを組み合わせた対策について検討した結果、効果の高いのは減衰池と新規波除堤を組み合わせた複合案で、うねりで90%、長周期波で14%の低減効果があることが明らかになった。

一方、河口からの波の侵入を防止するための種々の対策は、逆に洪水流のスムーズな流出の阻害要因となり、二律相反の条件となる。そこで対策工を実施した場合における洪水流の流下を平面流計算によって検討した。この結果、現況に対する水位の上昇量は表-8 のようになった。これによれば港内および港口に構造物を建設した場合、数 cm から10 数 cm の水位上昇が起こり、計画高水位の変更を行わない場合、減衰池以外の工法をとることは難しいことがわかった。なお、河道で断面の急拡を行う減衰池対策でもそこで局所的な水位上昇が発生するが、減衰池付近は地盤が高く溢水の危険が無いこと、また上昇した水位も減衰池上下流域で急速に低下することから、こ

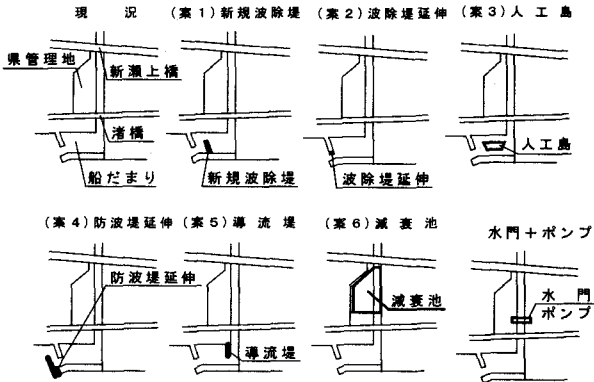


図-9 各対策工の設置案

表-7 各対策工の波浪低減効果

現 況	波 高			水位上昇量(1/2波高)		
	長周期波	うねり	計	長周期波	うねり	計
現 況	0.82m(100%)	1.45m(100%)	2.27m(100%)	0.41m	0.73m	1.14m
(案1)新規波除堤	0.83m(101%)	0.61m(42%)	0.73m(64%)	0.42m	0.31m	0.73m
(案2)波除堤延伸	0.88m(107%)	1.39m(96%)	2.27m(100%)	0.44m	0.70m	1.14m
(案3)人 工 島	0.75m(91%)	1.46m(101%)	2.21m(97%)	0.38m	0.73m	1.11m
(案4)防波堤延伸	0.88m(107%)	0.87m(60%)	1.75m(77%)	0.44m	0.44m	0.88m
(案5)導 流 堤	0.75m(92%)	1.49m(103%)	1.13m(99%)	0.38m	0.75m	1.13m
(案6)減 衰 池	0.66m(81%)	0.97m(67%)	0.82m(72%)	0.33m	0.49m	0.82m

表-8 各対策時の河口水位上昇量

対 策	河 口 水 位 上 昇 量 (m)
現 況 (基 準 値)	0
案 1 新 規 波 除 堤	0.06
案 2 波 除 堤 延 伸	0.48
案 3 人 工 島	0.08
案 4 防 波 堤 延 伸	0.08
案 5 導 流 堤	0.18

の場合水位上昇の計算は行っていない。

7. あとがき

河川水門によって高潮を防止する案も検討したが、降雨から出水まで約15分という短時間にスムーズな排水ができなかった場合甚大な被害が予想される。最終的に洪水流への影響が小さく、波浪抑制に効果的な案として波除堤+遊水池案が最適案として選ばれた。減衰池は港湾の緑地公園と隣接するため、環境整備の一環としても位置付けられ、水とのふれあい公園として整備できるメリットがある。なおわずかに高さが足りない場所では嵩上げを考えることも必要である。

参考文献

1) 宇多高明・野口賢二(1993):小河川の河口における波の遡上被害とその対策案の検討-京都府の岡尻川河口を例として、土木技術資料,Vol.35, No.1, pp.60-65.
2) 高山知司(1981):波の回折と港内波高分布に関する研究,港湾技研資料, No.367, pp.1-40.
3) Karlsson, T.(1969):Refraction of continuous ocean wave spectra, Proc.ASCE, Vol.95, No.WW4, pp.437-448.

(2001.10.1 受付)