

静岡海岸に流入する大谷川放水路の河口処理に関する検討

A study on river mouth improvement of floodway of Ohya River flowing into Shizuoka coast in Suruga Bay

宇多高明*・大石守伸**・長縄知行**・浅野剛***・山路功祐***

Takaaki Uda, Morinobu Ohishi, Tomoyuki Naganawa, Go Asano and Kousuke Yamaji

River mouth improvement of floodway of Ohya River flowing into the Shizuoka coast was investigated. This river mouth is located at the erosive coast and shoreline has been retreated for a long time. For the measures against beach erosion detached breakwaters have been built. Since northward longshore sand transport is predominant at this river mouth, sand accumulated at the mouth due to the accumulation effect of these detached breakwaters. In order to improve this condition, a method using submerged breakwater installed off the mouth was planned and numerical simulation was carried out to verify the usefulness of this method.

Key words: river mouth improvement, longshore sand transport, beach erosion, submerged breakwater.

1. まえがき

外海など波の作用が強い海岸に流入する中小河川にあっては、しばしば波の作用で河口が閉塞し、河道内水位が上昇して内水排除などに問題が生じる。このための対策としては、河口導流堤を伸ばす、あるいは河口部での浚渫を行うなどの方策が取られてきている。しかしいずれの場合にも問題の根本的解決にならず、河口の閉塞が繰り返して起こる事例が多い。駿河湾に流入する大谷川放水路もこうした河川の一つであって、河口導流堤の建設と河口浚渫が行われてきているが、河口の防潮水門付近での堆砂に悩まされている。本研究では、大谷川放水路の河口を実例として河口閉塞を軽減する策について現地データの分析と数値計算をもとに検討するものである。

2. 大谷川放水路と静岡海岸の概況

大谷川放水路は、図-1に示すように静岡市東部を流れて駿河湾へ注ぐ二級河川である。もともと旧大谷川は静岡市東部と有度山の間の流域から、静岡海岸の海岸線に沿って北東方向に約1.5km蛇行(図に破線で表示)したあと駿河湾へ注いでいた。しかし、静岡市東部から静岡・清水平野の市街地を流れて清水港へ注ぐ巴川流域の浸水被害を軽減するために、大谷川放水路が開削されて巴川とつなげられた。放水路の計画流量は暫定で $230\text{m}^3/\text{s}$ 、将来的には $400\text{m}^3/\text{s}$ とされている。一方、現況の大谷川放水路の右岸には1978年から導流堤が設置されているものの、漂砂による河口閉塞が著しい。河口維持のために、毎年約 $2000\sim 3000\text{m}^3$ の土砂浚渫が行われているものの、河口に設置されている防潮水門の下部にまで波による土砂の打ち込みが生じて、水門の開閉に支障を来している。なお、大谷川放水路河口付近での潮位条件としては、清水港の観測によると朔望平均満潮位がT.P.O. 86mにある。また、1989年2月20日における、静岡・清水海岸の汀線付近での海浜材料調査によれば、静岡・清水海岸の d_{50} は平均で約7mmである。

3. 大谷川放水路河口周辺部の汀線と海浜縦断面の変化

河口問題について検討する際には、河口を含む一連の海岸線の中での河口の位置付けを十分理解することが必要とされる。そこで、河口部の詳細地形変化について論じる前に、まず1977～1996年に撮影された15組の空中写真を利用して汀線変化を調べた。

図-2には、大谷川放水路河口周辺区域における1981～1996年の汀線変化を示す。大谷川放水路河口を含む静岡海岸では安倍川からの流出土砂量の減少に起因して海岸侵食が進んだために、離岸堤群の建設が進められてきている。離岸堤は、堤長が80m、開口幅が約40mであって、透過性を有する。図-2に示すように、離岸堤は1981年より河口の左岸側で建設が始まった。1983年になると、河口に隣接する2基の離岸堤より西側で幅広く土砂が堆積して前浜が広がった。これに対して河口から3基目の離岸堤より東側では汀線

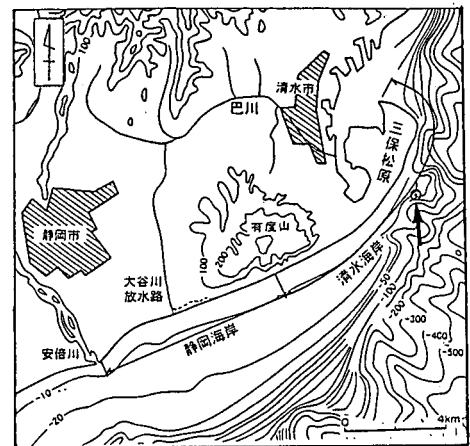


図-1 静岡・清水海岸と大谷川河口の位置図

* 正会員 工博 建設省土木研究所河川部長(〒305 茨城県つくば市旭1)

** 静岡県静岡土木事務所用室文所

*** 正会員 (株)アイ・エヌ・エー 海岸環境部

が後退傾向にある。このような汀線変化の特徴は、この海岸における沿岸漂砂の卓越方向が明らかに東向きであることを示している。その後、時間経過とともに大谷川放水路河口右岸側の離岸堤の背後も含めて土砂が堆積し、前浜が広がった。このことはすでに宇多ら（1997）が示したように、安倍川からの流出土砂がsand bodyとして東向きに移動しているためである。さらに大谷川放水路の河口導流堤は1993年に約10m延長されたが、導流堤の延長と同時に河口の右岸側で大きく汀線が前進したことがわかる。

汀線変化と対応して海浜縦断形にも著しい変化が生じている。ここでは河口の左岸側から測線 No. 45 を選んで河口部周辺における海浜縦断形の変化について調べてみる。図-3 には、測線 No. 45 における海浜縦断形の変化を示す。図-2 に示した汀線変化図と調和して、1977 年に対する海浜断面積が経年的に増加してきており、とくに 1991 年以降の増加は著しい。この理由は、この測線より東側で離岸堤の建設が進み、それにより東向きの沿岸漂砂が阻止されたことによる。この測線では、海浜プロファイルにはほぼ -7m 以浅で顕著な変化が見られる。この海浜縦断形の変化によれば、汀線付近と一体的な地形変化が現れていることから、観測された海浜地形変化は沿岸漂砂に伴うものと言える。そして、その場合の波による地形変化の限界水深はほぼ -7m にある。

4. 大谷川放水路河口部の地形特性

図-4, 5 には 1996 年 8 月 19 日と 9 月 25 日における大谷川放水路河口の深浅図を示す。清水市沖（図-1 の矢印参照）での波浪観測によれば、この間の波浪条件は図-6 に示すようであって、9 月 20～22 日に最大有義波高約 2m、周期約 12s の波浪が来襲している。一方、この期間における降雨は最大日雨量が 63mm、最大時間雨量が 14mm であって、大谷川で洪水は発生していない。図-4 において、大谷川放水路の河口導流堤の両側にある離岸堤周辺の汀線形状を調べると、西側の汀線(T. P. ± 0 m)の方が沖に位置している。このことは大谷川放水路の河口では東向きの沿岸漂砂が卓越していることを示している。河口内では左岸側から導流堤へ向かって河口砂州が伸びているが、これは波の作用で河口内に土砂が打ち込まれたものであって、河川流下土砂が堆積したものではない。このことは砂州の材料が砂礫で構成されており、これは大谷川河口部付近の河床勾配（1/2,500）から想定される掃流力では運ばれることができない材料であることからわかる。

河口砂州の高さに注目すると、導流堤との接点へ向けて次第に高さを減じている。これは導流堤の背後側になるほど波の遮蔽効果が上がることによって波のうちあげ高が減少することを表している。このように導流堤の裏側ほど砂州高が低いために、河川流は砂州と導流堤との接点付近から流れ出ている。

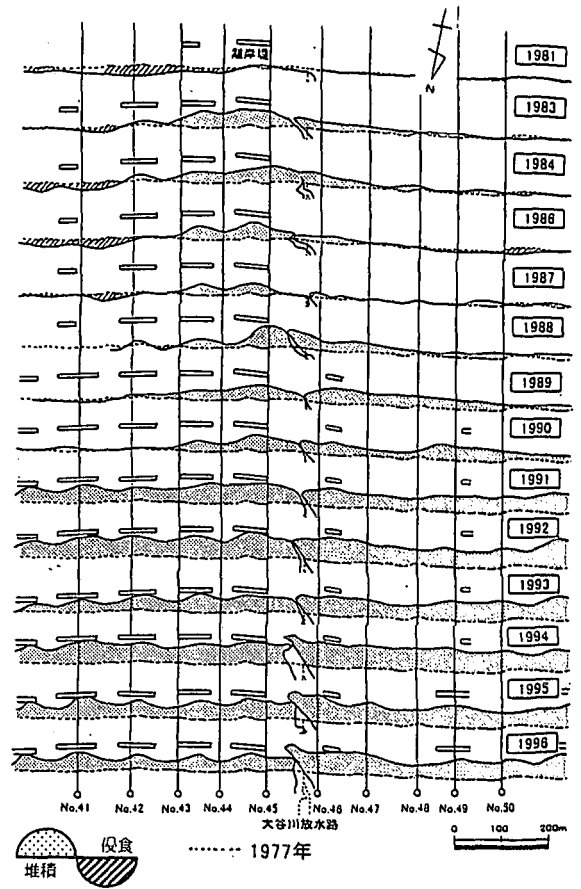


図-2 大谷川河口部の汀線変化（1977 基準）

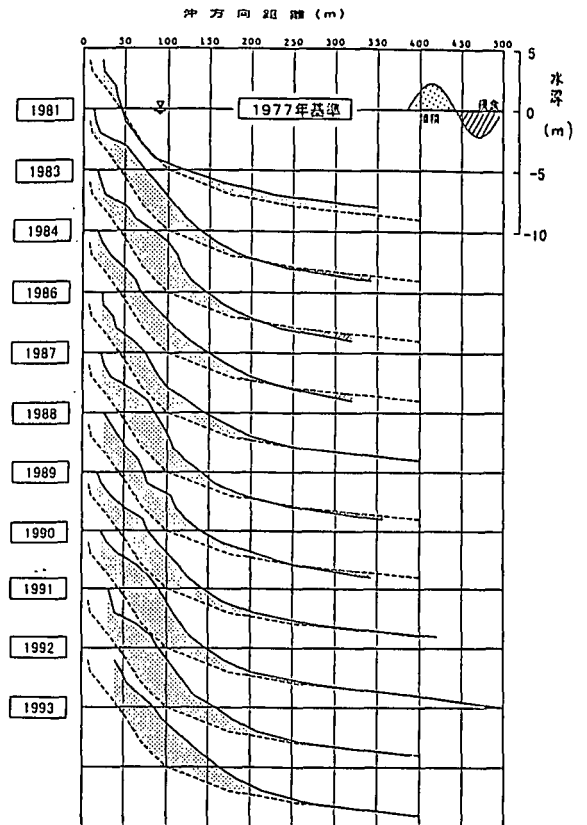


図-3 測線 No. 45 における海浜縦断形

図-5は図-4の深浅図より約1カ月後の深浅図である。この間に義波高2m程度の高波浪の作用を受けたことはすでに述べた。河口内では図-4の場合と比較して砂州高が増すとともに、河道の上流方向へと発達したことが砂州と根固ブロックとの相対距離が短くなったことから分かる。同時に、河口砂州の海側の汀線位置が陸側へ移動している。さらに、河口砂州の上流側部分では1mの等高線と汀線との距離が短く、急勾配になっている。以上の点は、離岸堤と導流堤の間から侵入した波浪が汀線付近に到達したあと、導流堤方向へ流れるとともに、砂州上の越流が生じて水門前面へと土砂が入り込んだことを示している。

写真-1は、1994年6月撮影の大谷川放水路付近の海岸状況である。左岸導流堤が河口前面に斜めにのびている。

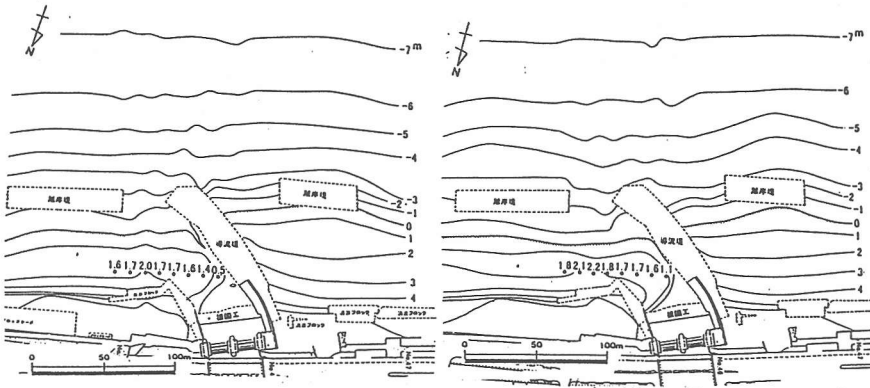


図-4 河口部周辺の深浅図(T.P.,m)
(1996年8月19日測量)

図-5 河口部周辺の深浅図(T.P.,m)
(1996年9月25日測量)

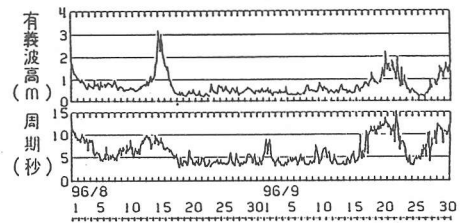


図-6 清水市沖での波浪観測による
波高・周期の経時変化



写真-1 大谷川河口部の空中写真(1994年10月)

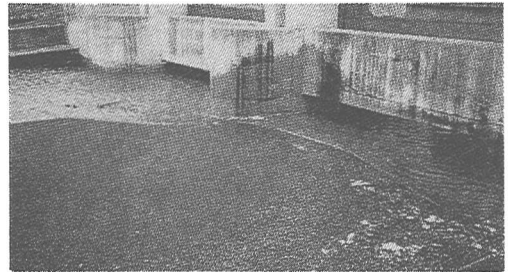


写真-4 河口砂州に堆積しつつある状況(1996年10月4日)



写真-2 河口砂州と右岸導流堤(1996年5月14日)

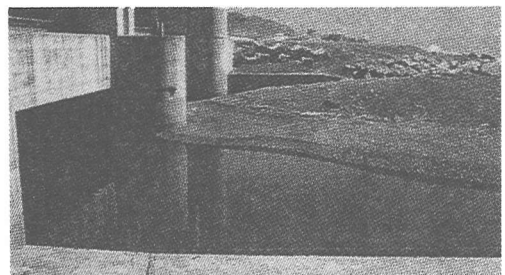


写真-5 防潮水門前面の堆積状況(1996年10月14日)

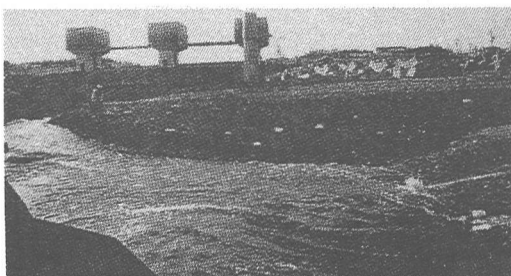


写真-3 河口砂州と防潮水門(1996年2月下旬)

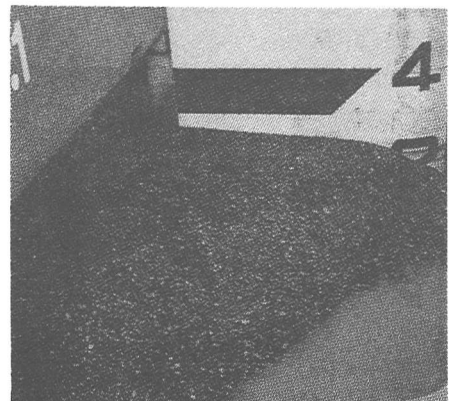


写真-6 防潮水門前面の堆積状況(1996年10月14日)

河口砂州の形状は、左岸導流堤の先端に対してほぼ円弧状であり、全体に河口導流堤の先端を中心として凹状の海浜形状になっている。そして河口砂州とそれに続く離岸堤背後の前浜には白く砂が堆積している。以上の点は、導流堤先端から汀線へと進入する波によって砂が河口内へと運び込まれたものであることを明瞭に示している。

結局、河口内での堆砂を軽減するには河口導流堤とその東側に位置する離岸堤の間から侵入する波浪に伴う漂砂を防止することが是非とも必要である。ただし、この付近における波による地形変化の限界水深は約-7mにあるのに対し、右岸導流堤の先端水深は-3m程度であるため、かなり多くの量の沿岸漂砂が導流堤の先端を通過して東向きに移動しているため、この沿岸漂砂移動を阻止すればするほど堆砂が激しくなるから、右岸導流堤を単純に延長するような策は取れない。以下では、河口閉塞状況を示す現地写真をもとに議論する。河口の海側から河口部の状況を調べてみる。

写真-2は、1996年5月14日撮影の河口砂州と河口導流堤の状況である。左岸側から導流堤方向に砂州が伸び、河口をほぼ塞いでいる。開口部は導流堤と砂州の境目にある。ここは導流堤による波の遮蔽効果が顕著に現れるから、左岸側と比較して砂州高が相対的に低く、このためそこに開口部が形成されたと考えられる。河口の左岸側には掘削中の重機械が見える。

写真-3は、1994年2月下旬の河口状況であって、河口導流堤上から砂州と河口水門方向を撮影したものである。春先の洪水により河口砂州が右岸側からフラッシュされており、河川流量もかなり大きい。砂州の先端部は側方侵食によって削られたため急勾配になっている。この場合も左岸側から河口導流堤側へと河口砂州が発達しており、しかも砂州の上面にのる砂礫面の高さが左岸側から導流堤側へと次第に低下している。このことは、河口砂州の土砂が河口正面から打ち込まれたというよりも、河口の左岸側へ一度打ち上げられ、その後導流堤方向へと移動した可能性を示唆している。

写真-4は、1990年10月4日の撮影であって、防潮水門前面の土砂の堆積状況を右岸導流堤上から撮影したものである。写真撮影の直前に洪水があり、水平に見えるコンクリートの梁の下面から約0.4mまで河川水位が上昇した。砂州上に散乱するゴミはその時のものである。防潮水門のごく近傍まで土砂が打ち上げられている。

写真-5は、1991年10月14日撮影の河口砂州の状況である。防潮水門の堰柱に覆い被さるようにして、海側から砂州が発達している。堆砂面の高さが海側から上流方向に減少することから、この土砂は波の遡上によって水門付近まで運ばれたことが明らかである。また、堆砂域を注意深く観察すると、砂州の中位付近に線状にゴミが集積していることから、砂州による閉塞によりここまで水位が上昇したことが分かる。しかし、1991年には右岸導流堤の延長工事が行われたために、防潮水門の前面には土砂が堆積しているものの、水門下部まで砂礫が侵入することは少なくなった。

写真-6は、1990年8月24日撮影の防潮水門の裏側における砂州先端部の状況である。水門下部に大量の砂礫が侵入している。このような状況では水門の開閉が困難となることは明らかであって、浚渫により土砂を取り除かなければならなくなる。

5. 河口処理法の提案

河口東側の海岸での離岸堤群の建設は、東向きの沿岸漂砂を阻止することになったから、河口の維持を難しくする方向に作用したことになる。しかし、この区域には国道150号線が海岸線と平行に走っており、高波浪時に交通止めなどの障害が出ることから、消波構造物の設置はやむをえないことであつたと言える。そして離岸堤の建設によって広い範囲で舌状砂州が形成されたことは、越波防止上非常に有効であつた。しかしこのことによって河口部に堆積する土砂量が増加したことから、同時に河口の閉塞を促進する結果となった。また、静岡・清水海岸の汀線付近の d_{50} は、約7mmと他の比較的緩勾配の海岸と比較して大きいから、洪水によるフラッシュが起こりにくいことも問題を難しくしている。前浜構成材料の d_{50} が大きいことは、汀線付近の海底勾配も大きく、また沿岸漂砂が汀線付近でピークを有していることと同意義である（宇多ら、1997）。すなわち汀線に沿って大量の沿岸漂砂が移動していると言える。このような土砂移動があるがゆえに静岡海岸では近年堆積傾向に変わったのであり、清水海岸方面への連続的土砂移動を確保し、侵食された海岸で再び堆砂が起こるのを期待する上から、この沿岸漂砂を施設によって阻止することはできない。したがって単純に導流堤を延長すれば問題が解決すると考えるのは誤りである。

大谷川放水路の河口付近で東向きに流れている沿岸漂砂は、安倍川河口から供給されたもので、侵食された海岸線で再び堆積を起こす意味で非常に重要である。したがって導流堤を伸ばして沿岸漂砂を阻止することは、直ちに下手側で激しい侵食が生じるために望ましくないことから、沿岸漂砂を連続的に流しつつ河口を開口させることが求められる。河口部への堆砂が問題とされるが、一般の河川と比較して大谷川放水路は掘込み河道であるために、水位の上昇よりも、写真-6に示したように防潮水門の開閉に支障をきたすことが問題となる。すなわち、

砂州の形成自体が問題というよりも、砂礫が水門の下部まで侵入することが問題である。これに対しては、砂州の形成範囲を海側にずらす必要がある。砂州の打ち込みを低減させるには、河口内へ侵入する波浪のエネルギーを低下させること、すなわち波高を低下させることが必要である。河口砂州の高さは波高に比例するので、波高を低下させれば自動的に砂州高も低下することにつながり、これは水位の低下をもたらす。

図-5を参照すると、導流堤とその東側の離岸堤の間には開口部があるから、この開口部を塞げばよいことになる。しかしこの部分を不透透性の構造物で塞げば洪水処理上問題が出ることから、その部分に潜堤を建設して、洪水の疎通上問題を生じさせないようにする。さらに、開口部から入射した波が河口の左岸側の砂州上へ遡上したのち、河道側へと落ち込むことから、それを防止する左岸導流堤が必要である。ただし、その長さを長くすると、離岸堤背後の水路を塞ぐために、その長さは必要最小限にする必要がある。また、この付近の海岸での波による地形変化の限界水深は約-7mにあるから、潜堤は沖向きにあまり突出させず、現況の離岸堤ののり先水深と同程度としておけば、沿岸漂砂の阻止効果を上げずに済むと考えられる。

6. 対策案の水利検討

前節の基本的考え方に基づいて現況を含めて5ケースの水利計算を行った。図-7には計算ケースをまとめている。まず現況計算を行い、これを比較の基準とする。現況計算によると、この条件では河口部の水位が計画潮位 T.P. +3.2m を一部越えてしまうことが明らかになったために、以下の検討ケースでは、現況左岸導流堤の位置を北側に5m移動させることとする。ケース①は、離岸堤と導流堤の間に天端水深 0.5m、天端幅 13.3m の小規模な潜堤を設置するとともに、長さ 80m の左岸導流堤を建設する条件である。ケース②では潜堤の諸元はそのままとして、左岸導流堤の長さをケース①より 20m 短い 60m としたものの、ケース③では左岸導流堤の諸元はケース②と同一としたまま、潜堤の設置位置を 10m 沖側にずらしたものである。また、ケース④では、河道内の水位を低下させるために、ケース②の右岸導流堤の先端部の一部を切り欠いた場合である。

水利計算では、潮位を T.P. +1.84m、流量を 400m³/s と設定し、図-5に示す河口部地形で、河床高を 0.3m と与えて平面二次元不等流計算を実施した。平面流計算の結果を図-8にまとめて示す。現況では防潮水門から流出した洪水流は、導流堤と離岸堤の開口部と、離岸堤の背後を東向きに流れて流出している。ケース①では、左岸導流堤が伸ばされ、導流堤先端と離岸堤との間隔が狭くなったこと、また潜堤により開口部の水深が減少したため、その周辺での流速が増し、また左岸導流堤の東側隣接部では縮流のため流れにくくなっている。これに対し、左

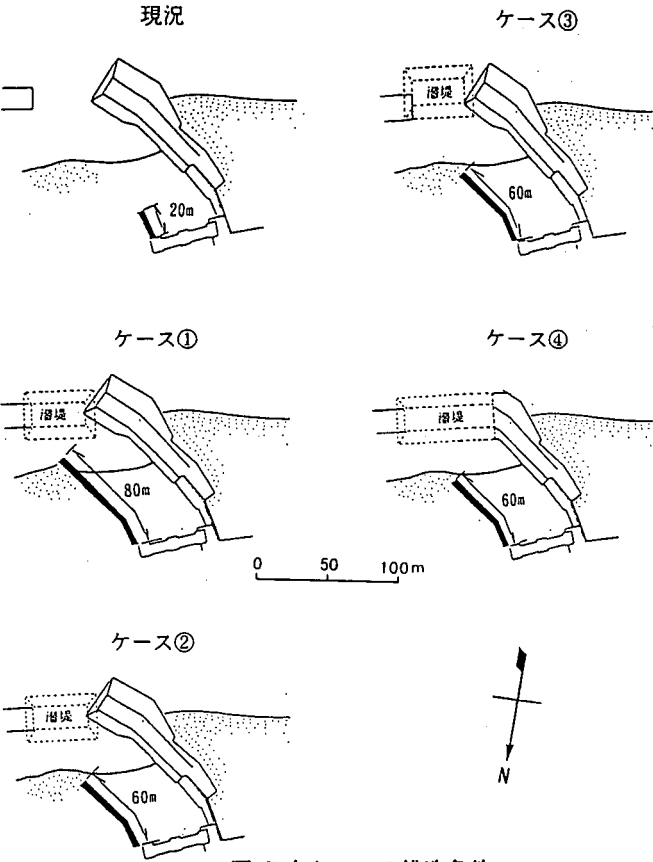


図-7 各ケースの構造条件

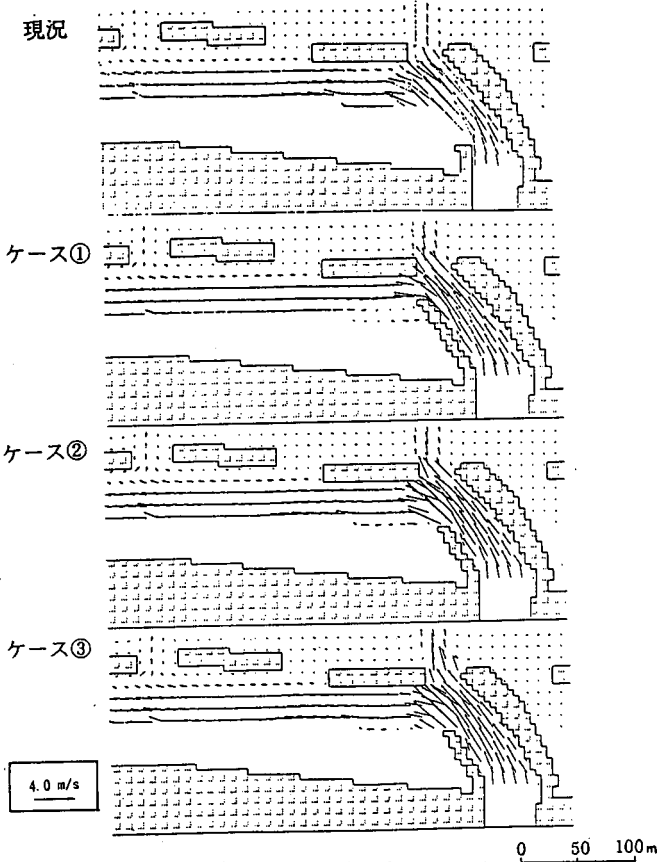


図-8 現況と各ケースの平面流況の比較

岸導流堤の長さを短くしたケース②では、現況とほぼ同様な流況となった。またケース③でもケース②と類似の結果が得られた。

図-9には現況に対する各ケースの水位差を示す。現況に対していずれのケースとも左右岸導流堤の間の区域で水位が上昇しているが、水門付近への影響は大きくない。図-9では水位と計画潮位との関係が分かりにくいので、図-9にA-A'で示す縦断面を定め、この断面内での水位を描くと図-10となる。これによると、現況とケース②では最上流端付近で水位が計画潮位より上回っている。この原因としては、右岸導流堤が流れを阻害していることが考えられるので、図-11に示すように導流堤の先端部を一部カットし、導流堤の天端を潜堤の天端まで下げた案（ケース④）を考え、同様にして検討を行った。図-10にはこの結果も示すが、このケースでは洪水の水位は、計画潮位 T.P.+3.2m 以下に収まっている。なお、図-11で黒く塗りつぶした部分が潜堤に変更する部分であり、番号1〜5を付けた部分は導流堤の外側への移設を行った部分である。以上より、ケース④が最適と考えられる。ここではケース④を選択し、潮位を期望平均満潮位 0.86m おいた上、毎月一度程度の出現確率を持つ時化時の波として、波高を 3.0m、周期を 11.0s を仮定して、人工リーフの設計の手引き（建設省河川局海岸課、1992）から消波効果を算定すると、透過率は 0.5 となって、かなりの波高の低減効果を見込むことができる。

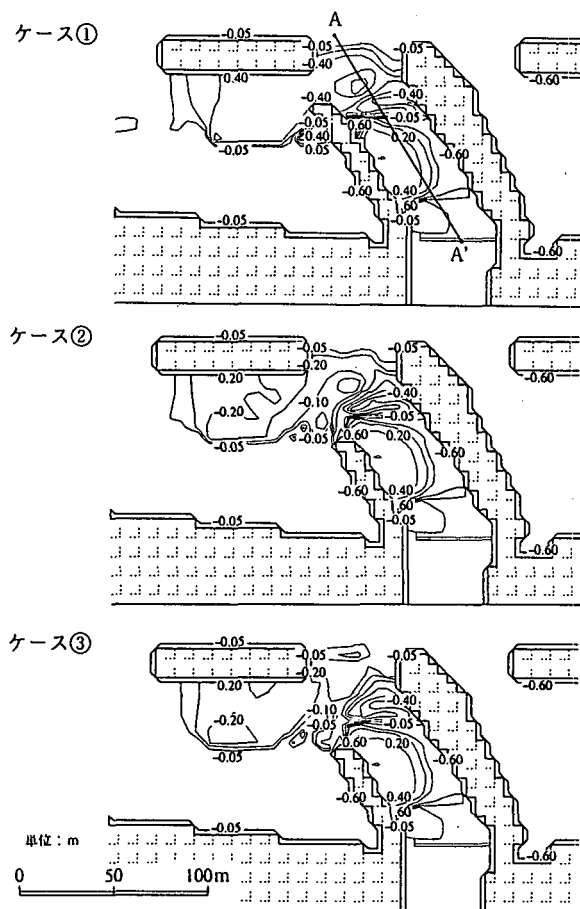


図-9 現況と各ケースの水位分布の比較

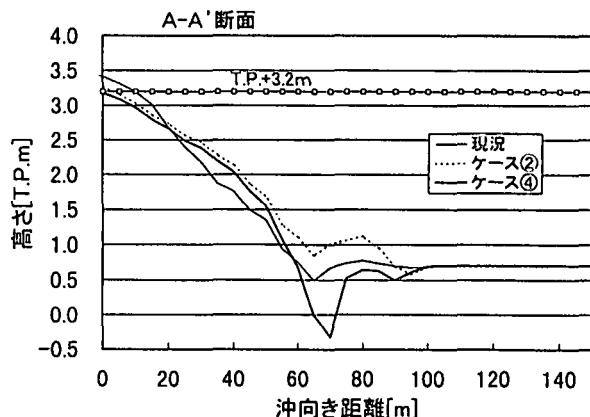


図-10 大谷川放水路の河口水位の縦断変化

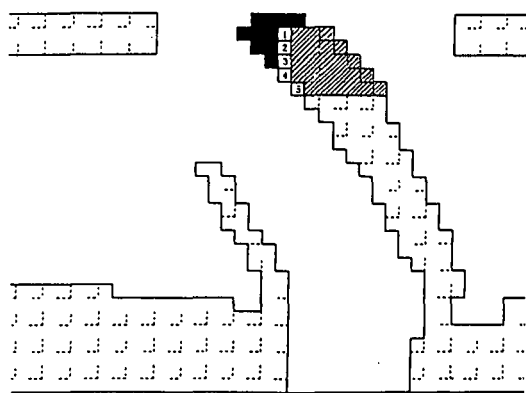


図-11 右岸導流堤の先端部形状の改良案（ケース④）

7. あとがき

砂礫海岸に流入する中小河川の河口処理の一例として、静岡県の大谷川放水路の河口を取り上げて種々の検討を行った。旧大谷川は河口部で北東方向（沿岸漂砂の卓越方向）に大きく蛇行していたが、ここでの検討結果はこのような自然の状態に近づけることにより、河川流を無理なく流下させようとするものである。今後、このような案を採用する場合には、河口部の土砂堆積状況について十分なモニタリングを行う必要がある。

参考文献

- 宇多高明・山本吉道・板橋直樹・山路功祐（1997）：静岡海岸で観測された sand body の移動とその発生機構、土木学会論文集、No. 558/Ⅱ-38、pp. 113-128.
- 建設省河川局海岸課監修（1992）：人工リーフの設計の手引き、（社）全国海岸協会、p. 32.