

海岸防護

豊島 修

はじめに

海岸工学が誕生してからすでに30年を過ぎ、わが国の海岸に一大転機をもたらした伊勢湾台風からもうすでに20年をこえている。この間の、わが国のみならず、世界における海岸工学の進歩発展は目を見張らせるものであり、土木工学の分野の中でそのスタートが著しくおくれた海岸工学の研究は、いまや他の工学と比肩するべき位置にまで急速に伸びかつ高まって来ているといつてよいであろう。

しかし一方では、これらの海岸工学の研究の進展がやや学問的な分野に偏り、他の土木工学の研究成果が現場の構造物の設計・施工面に密接に寄与しているのにくらべると、海岸工学研究の成果が直ちに現地の海岸関係構造物の設計・施工面にとり入れられている面はそう多くはなく、研究面と現場とが次第に遊離しつつあるように思われる。

つい2年程前まで、長年現場の対策にとり組まれて来た筆者としては、海岸工学の研究者諸兄からの強力かつ有効な助言や提案を受けられないままに、止むを得ず試行錯誤を覚悟の上で、いくつかの対策・工法を現地に実施し、その後の経過を見つめて来た。これらの中には、海岸工学的には明確な説明をつけられないものや、単に推断をもって実施して来た工法も少なくない。

現地に設けられる海岸施設は、決して永久構造物でもなければ、あらゆる外力に抵抗できるとして設計されたものばかりではない。むしろ筆者は、海岸に設けられる施設は、海岸になじみやすいもっとやわらかくルーズな構造も考慮するべきであると考えている。

以下、「海岸工学」の論拠にはやや乏しい面もあるかと思うが、主として現場関係者ならびにコンサルタントの方々を対象として、現在の海岸に設置されつつある海岸防護（保全）施設について筆者なりにその工法・対策の是非をここで論じてみたいと思う。したがって、以下の構成は、特に系統的に海岸防護の全概を論ずる訳ではなく、個々の施工例を中心にとりあげて考察することとする。

1. 高潮対策提防の基礎工

「海岸保全施設集造基準」（昭和44年12月改訂，農林水産・運輸・建設各省局長通達）では、海岸提防や護岸の表のり被覆工は厚さ50cm程度のコンクリート被覆が推奨され、これらの重厚な表のり被覆工の下に用いる基礎工としては、上部構造物の滑動および沈下に耐えるとともに波による一時的な洗掘に耐えるよう十分な根入れが必要であり、場合によっては前面洗掘に対して根固工などで保護するとともに、止水工、被覆工との継目または基礎工の目地などから土砂の吸い出しを防止できる構造としなければならないとしている。

高潮対策提防の大部分は、シルトまたは砂質シルトなどの底質をもつ比較的緩勾配の遠浅の海岸に設置されており、それは干満の差の比較的大きい湾または内海である。したがって、余程地盤が悪くて支持力が不足するという場合を除けば、通常は杭打ち、矢板、場所打ちコンクリート、コンクリートブロック、捨石または捨ブロック、セロラブロック等が用いられ、時にはウエルまたはケーソンが用いられる。

今まで、このようないわゆる高潮堤防で、特に著しい沈下や前面海底の洗掘といった被災事例はほとんど無かったといってよい。

図-1は、昭和28年の13号台風の復旧事業における標準断面の基礎工を示したもので、プレキャストのコンクリートブロックを、特別の基礎や下敷を用いることなく、原地盤を1m程度掘削した上にそのまま設置し、図のように2段積した上で各ブロックの間を場所打ちコンクリートで充填する工法が用いられている。また前面には捨石による根固工が併設してあるが、この工法で別段著しい沈下や吸い出し等も認められず、現在に至っていると思われる。

図-2は、図-1とほぼ同じような条件の地形において用いられた伊勢湾台風復旧工事の基礎工である。プレキャストコンクリートブロックの代りに基礎工の前後にP.C矢板を打ち、基礎工を現場打ちとしたほかのり覆工との間に止水板が入っている(28年当時は目地には板がもっぱら用いられていた)。

伊勢湾台風では被災延長が格段に長く、早急に施工する必要があったことと、当時P.C矢板がかなり用いられるようになっていたため、型枠代りとして利用できるこの工法が大幅に採用され、破堤箇所の早期締切と工期の大幅な短縮に大いに役立ったのである。

一方、この頃から土木用諸材料の開発が進み、比較的安価にかつ容易に入手できるようになったためか、従来の施工継手、伸縮目地等に高度の止水性を要求するようになり、鋼矢板、止水板の使用が急速に普及し始めた。

図-3は、河口部高潮堤防(県港湾課主管)の基礎工であるが、図-1に示したプレキャストブロックと全く同一の手法を用いて基礎工としているが、背後の裏込栗石はかなり大量に使用されている模様である。

図-4は、同じ河川の上流2km付近の河川高潮堤防の基礎工である。河床がかなり深いので、あるいはすべりを考慮した結果かとも受け取れるが、-3.5mの基礎の下に更に3mもの止水矢板を用いているのは、水がどちらへ抜けることを想定して設計されたか知らないが、図-3にくらべるとややオーバーな設計に思われる。一方裏込栗石は全く考慮されていないようである。

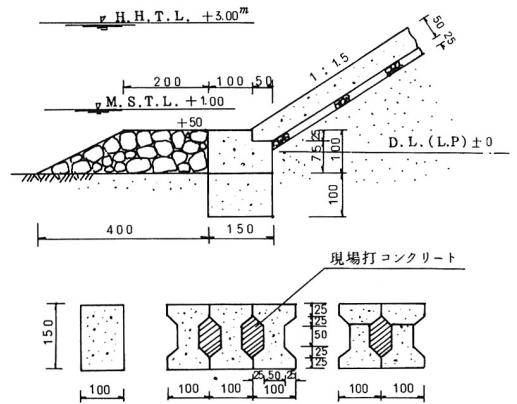


図-1 昭和28年13号台風復旧断面基礎工法

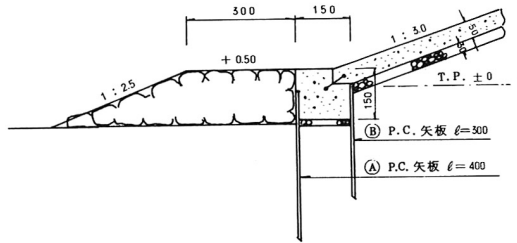


図-2 昭和34年伊勢湾台風復旧断面基礎工法

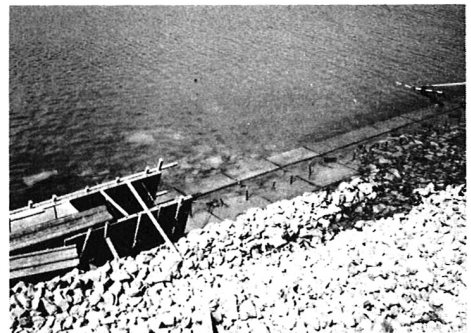


図-3 河川高潮堤防基礎工(その1)

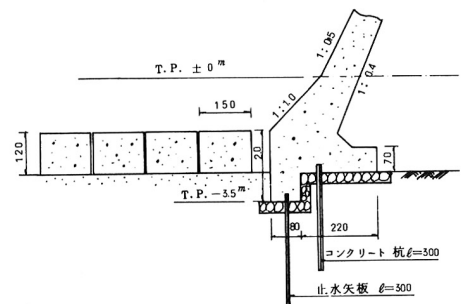


図-4 河川高潮堤防基礎工(その2)

図-5も河川高潮堤防の1例である。こちらはLWLから1m程度基礎工下端が上がっている。施工上の締切・水替等の関係と、どうせ止水矢板を打つから……ということ基礎工下端を上げたものと思われる。それと河床のヘドロの堆積が非常に厚かったために止水矢板の下端をどの程度まで入れるべきかについていろいろと検討が行なわれた結果であろうか。Ⅱ型の矢板が9mものを用いられている。

少々ヘドロの洗掘があっても大丈夫のように……との配慮であろうが、矢板1枚でそれ程の洗掘に耐えられるかどうか。

図-6は、地盤沈下の著しい地域の河川高潮対策として、ま

ず川表側に幅20m程度で高さがH.W.L.相当の表小段を設けて、必要な堤防高のうち波のうちあげに相当する高さをこの表小段の造成によって消波してかせぎ、後にさらに沈下が進んだ時にこの新設した表小段の上にかさ上げ築堤し、堤内側の用地買収をできるだけやめようと考えて計画された断面である。

この断面の計画については筆者が当初から参画し、前小段の効用について説明するとともに、従来安易に用いられて来た1枚鋼矢板の基礎工法をやめて捨石基礎工を推奨したものであり、河川高潮で矢板を用いてない唯一の例であろうと思われる。

以上紹介して来た事例は、堤防がいわゆる高潮対策のみの目的のために設置・整備されて来たものであって、前面の海底勾配は極めて緩かで、余程の高潮でない限り大きな波はすべて沖側で1次碎波し、強力な碎波の波力が堤防に直接作用することは非常に稀であり、事実伊勢湾台風以来このような高潮対策堤防が波力によって大きく被災して表のりがバラバラになったり、堤防前面が洗掘されて基礎工が露出して被災したという事例は全くないといってよく、伊勢湾台風以来適当な堤防高と天端・裏のりを含めて三面張りされた高潮堤防は、地盤の圧密沈下ならびに堤体の圧密・収縮といった理由による空洞が生じていない限り、そう大きく被災することはまずあるまいと考えられている。

ここで問題になるのがいわゆる「吸い出し」の有無である。完全止水を目標にした工法といえどもどこかに小さな孔はいくつもあくことだろうし、今もって完全止水という形をとっていない工法も上に示したようにないわけではない。幸いにも、これらの高潮地帯の堤体土の大部分はシルト又は砂質シルトの類であり、小孔から多少の水が出入りしても、透水係数や粘着力の関係から、砂浜上の堤防や護岸のようにそう易々と堤体土が水に乗って堤体外へ流れ出し、吸い出しの形をとるということがかなり少ないのではないかと考えられる。最近、吸い出して被災したという高潮堤防の例は寡聞にしてまだ知らない。

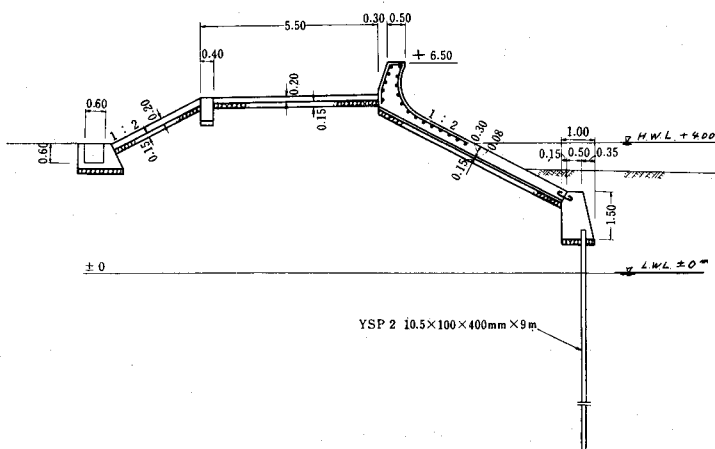


図-5 河川高潮堤防基礎工(その3)

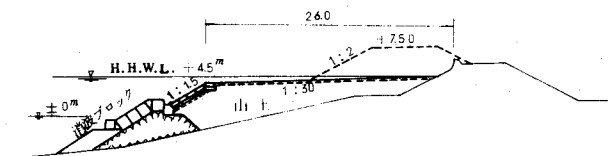
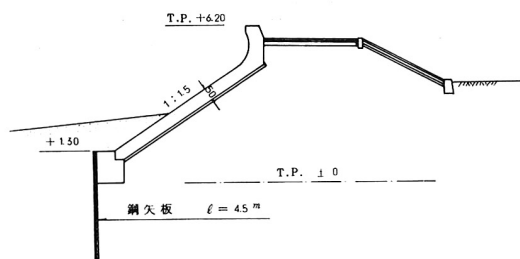


図-6 河川高潮堤防基礎工(その4)

2. 波浪対策堤防の基礎工

伊勢湾以後、海岸事業の進展につれて、外洋に面した砂丘の上や、時たま台風時に高波が来襲することがある湾・内海の沿岸に、高波侵入防止対策としての海岸堤防が次第に設置されるようになった。



図－7 波浪対策堤防の基礎工（その1）

これらは主に砂地盤の上に設置されるため、将来の多少の砂浜の消失や海岸侵食をある程度想定して、基礎工をなるべく深く入れようと努力したが、堤防設置位置が比較的標高の高い砂丘の付近が多かったため、その床掘土量がぼう大なものになることを考慮し、適当な位置に基礎下端を止め置いて、その下側に鋼矢板を3～5 m程度打ち込んで将来の砂浜消失に備えると

いう工法が採用された。

上の図－7は、このようにして決められた標準断面の一つであり、比較的工費が廉価であることもあって、各地の海岸でかなりひろく用いられて来た。

その後昭和40年代に入る頃から各地の海岸で天然海岸が次第に欠壊し始め、大河川の河口周辺や、砂浜海岸での掘込式港湾・漁港など長大な防波堤が設置され始めた海岸では、数10メートル以上あった砂浜がアッという間に消え失せ、周辺地区に設置してあった上記の波浪対策堤防はその前面が急遽に洗掘されて基礎工が露出し、基礎矢板に波が直接衝突するという極めて危険な状態に追い込まれるようになって来た。右の図－8は外洋に面した海岸でのその1例である。

もともと、相当の土被りがあることを前提にしていた矢板が、このように直接水面上に顔を出したのでは、うねり性の外洋の波には到底抵抗することは不可能で、まもなく来襲した次のうねりで図－9のように簡単に破堤した。

この場合、矢板前面海底が次第に洗掘されて深くなり、波は堤防直前まで来て碎波するようになって、基礎工があるなしにはあまり関係ない形で被災したものと思われる。その後の各地の事例でも、基礎工は被災せずのり面だけが被災した事例が少なくない。もっとも湾・内海などでうねりの来襲が稀なところでは、矢板前面が洗掘されるにつれて、矢板の間から吸い出しが始まり、のり面の裏が空洞になって被災する例も決して少なくない。



図－8 基礎矢板露出（昭43年6月14日）



図－9 ついに破堤（昭43年7月25日）

図-10は、外洋に面する海岸において、次第に前浜が消失し根継工や矢板工で補強を試みたが、ついで鋼管矢板による基礎工法を採用するに至った事例である。

もともとかなりひろい砂浜をもった天然海岸であったが、昭和34年の伊勢湾台風や同36年の第2室戸台風によって被災し、図中の①に示すような海岸堤防が築造された。

その頃、この海岸のすぐ近くで沿岸漂砂の上手側にあたる位置に漁港の大改修が始まり、海側へ大規模の防波堤と埋立地が大きく張り出して築造され出したので、この海岸も次第に侵食

型の海岸へと移行し始めたころ、昭和42年34号台風で一部の区域で基礎前面が洗掘され、図中①の中で点線で示したような形で根継・補強が行なわれた。しかしその他の区域は多少やせはしたが砂浜はまだかなり広く残っていた。図-11は昭和45年9月、たまたま筆者が現地を訪れた時の状況で、図-10の①の実線の部分の区域である。浜は多少やせたとはいえ、まだかなり広い前浜が残っている。右手前の基礎ブロック（図-10の①のイ）も、先方のさらに1段下の基礎ブロック（同②）にも矢板は用いられていないが、それ程大きな吸い出しが生じているとは思われない。

その後昭和51年17号台風によって前浜は大きく消失し、背後の人家も被災したが、堤体は基礎部が露出したほかは一部が被災する程度に止まった。被災後、前浜の回復もあまり芳しくないところから、消波工と根継工が計画されたが、消波工の設置については地元漁業の地引網関係者との調整がつかず、止むを得ず消波工の代替機能の一部をもたせるために

図-10-①に示すように、堤防高を高くし、表のりを厚く被覆し、基礎は鋼管矢板を用いて強固に補強することになった。消波工のもつ機能のうちの波力減殺効果の代りに上記のような波力対応補強策は講じられることになったが、消波工のもつ今一つの機能と考えられている反射率の低減、前浜洗掘の減少効果、または前面海浜・海底部の積極的な堆積効果等については全く期待できず、逆に強い反射による前面洗掘が懸念される構造といえた。

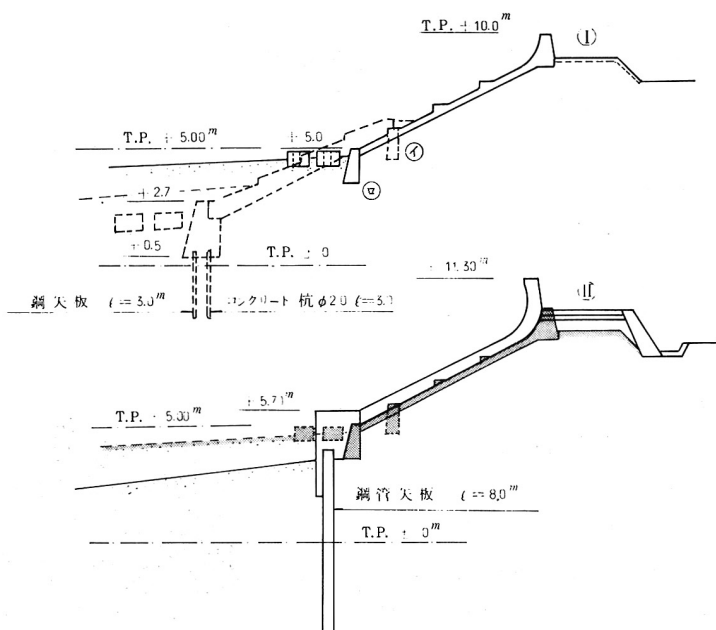


図-10 鋼管矢板基礎工の施工例



図-11 昭和45年9月の状況（図-11-①）

鋼管矢板工法は、内径が490 mm、厚さ9 mm、長さ8 mの鋼管を、専用継手を用いて連続して打ち込むとともに、管内を帯鉄筋コンクリートで補強した。また鋼管の頭部は勿論、前面部分も最低厚さ30cmの鉄筋コンクリートで地盤下2 mまで強固に被覆した。したがって、現場関係者が、たとえ消波工はなくても、これだけの強度をもった堤体および基礎工であれば、少々の波力に対しては十分に對抗できると考えたのも無理からぬ話であり、事実その後3年間は少々の波の来襲にも被害は皆無であった。

昭和54年16号台風が来襲、期待されていた鋼管矢板基礎堤防はかなりの抵抗を示したが一部では激突する波力に抗し切れず破堤した。

前浜が少し残っていた所は被害は比較的軽微であったが、前浜がせまくなるにつれて被害は大きくなり、前浜のない部分は完全に破壊された。図-12の右半分は少し前浜が残っていたためか前面被覆コンクリートの大部分は波力で欠落したが頭部コンクリート及び鋼管本体は何とか被災を免れた。しかし、図の左半分、すなわち図-13の部分は、8 mの鉄筋コンクリート入り鋼管矢板が簡単に倒れ、一部はやや抜け上がった形跡が見える。



図-12 前浜のある所は鋼管基礎工は残った

僅かな砂浜でもそれだけ波は沖側で砕け、構造物に直接衝突する波が少なくなり、波力もまるで違って来る。僅かな砂浜のもつ消波効果がいかに大きいかが想像できよう。もっとも砂浜のひろさは台風の前も最中も後も、全く同じであった訳ではなかろう。やられた所はそれだけ最中に砂浜が少なかった所であろう。今回の復旧では、図-14のように大規模な消波工が設置された由である。



図-13 前浜のせまい所は破堤した

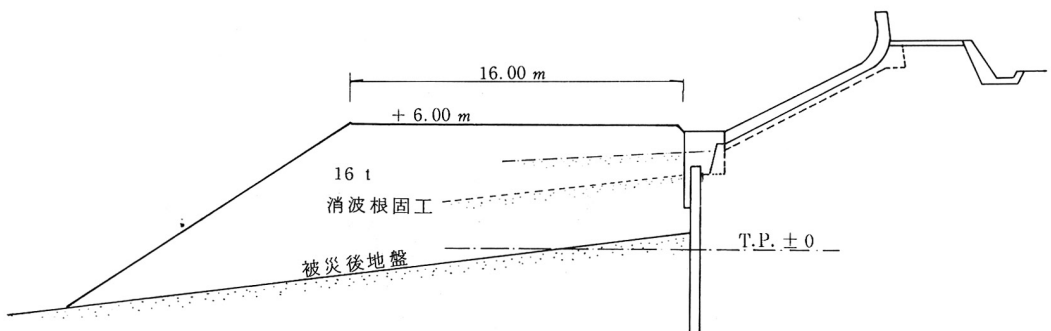


図-14 被災後今回は大型根固消波工断面が計画・施工された

3. 外洋性海岸堤防の表のり被覆工

前節と同じように、前面にかなりひろい砂浜をもつ外洋性の海岸では、かなり標高の高い砂丘の上などに海岸堤防が設置される場合が多い。このため通常の時化の場合の波は堤防ののり面まで届くことは少なく、表のり面被覆工として、50cmのコンクリートの代りに、ブロックや石張りに芝を併用した羽口工型式のものや、のり枠の中に石やブロックを詰める工法を筆者はかねて推奨して来た。

一方、来襲するうねりの中には非常に波長の長い波も含まれるので、小山のような高波が堤防を全面的に溢流するケースも十分ありうる。これに対処するためには、裏のりも表のりとほぼ同様の工法を用い、十分堅固に被覆し、数10波かあるいは数時間かの越波溢流に抵抗できることが必要である。

十分なひろい砂浜をもつ海岸堤防の表のり被覆は、いたずらに波の反射を大きくしないように、緩傾斜で、粗面をもち、かつ出来れば浸透性のある被覆工法がのぞましい。次に二つの事例を示そう。

まず第1の事例は図-15に示すのり枠式堤防である。

従来は図中に点線で示されているような直立式重力式コンクリート表のり被覆工を施工してきたものを、筆者の提案で、昭和42年から傾斜型ののり枠式に変更したものである。

直立式から傾斜型への切り替え、取り付けに当っては、それぞれの表のりが原地盤線と交わる位置を同じくすることとしたが、傾斜型の方は従来の直立式にく

らべてその傾斜が緩やかで、かつのり面が粗面で浸透性のあることから、のり尻部の洗掘は直立式よりかなり軽減されるという見通しのもとに、のり枠を1枠だけ地盤下に突込んだ後、表のりののりなりに抵抗させる目的でさらに1枠を図に示すように水平にして設置した。なお、この先端の水平の1枠はその後の検討の結果、前面の砂浜がやせて来た時にそれだけ早く顔をのぞかせてかえって悪い結果を生じるおそれが大きいので、図中に点線で示すように、真直ぐに突込ませた形とし、水平部は設けないように変更した。

図-16に見られるように、のり枠の中には孔あきのコンクリートブロックと栗石が詰めてあり、うち上がって来た波の一部はのり枠の中に浸透してゆく構造となっている。

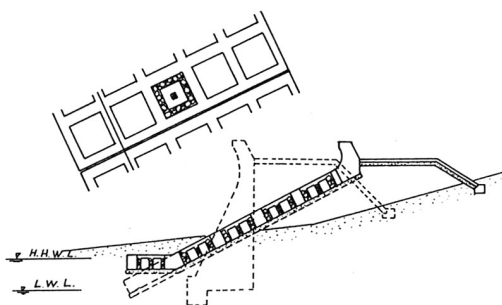


図-15 のり枠式堤防断面図



図-16 のり枠式堤防竣工当時（昭和44年）

設置後何回か大きな波が打ち寄せ、中には未曾有といわれた台風高潮による高波も来襲したが、いずれも波は堤防天端にとどく程度でおさまリ、こののり枠式堤防には何の被害もなく、基礎洗掘も生じなかった。ただ、各のり枠の中にかなりの量の砂が運び込まれていた。

これに対して、従来の直立式重力式コンクリート堤防の区域では、次第に前浜の消失が進み、高波の来襲のたびに小規模ながら一部で被災をくり返している状況にある。



図-17 のり枠式堤防の最近の状況（昭和54年）

図-17は、竣功後10年を経過したのり枠式堤防部分である。のり枠の中にはコンクリートブロックと栗石を詰めて置いたものであったが、その後うちあげ波や風によって砂がのり枠の中にたまり、これに植生が根付いて、写真のようにのり面一杯に植生で覆われてしまっている。

図中の矢印は直立型堤防の部分の被災箇所を示し、左の図-18、図-19附近を示す。

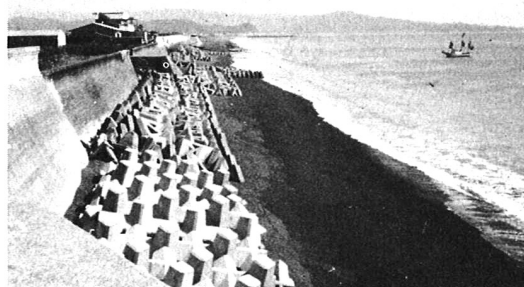


図-18 直立型堤防地区の前浜（昭和54年）

図-18は、従来の直立型重力式堤防の区域で、上ののり枠堤防地点から1km程度上手側の部分である。年々のように汀線が後退しつつあるので、ブロック等を投入しているが、前浜がやせてせまくなったため、通常の時化にも波が堤防に直接衝突し憂慮すべき状況下にある。

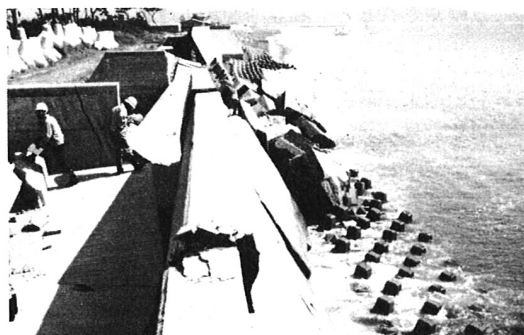


図-19 直立型堤防地区一部被災（昭和54年）

図-19は、上記箇所のすぐ上手側で砂浜は全く消失し、すでに2回目の被災状況である。

図-20は、直立型とのかぎ型との境界付近でかぎ型に曲がった所が境界である。これを境にして、のり枠式部分にはのり尻先まで多くの植生が見られるが、直立型の前面には植生は全く見られない。



図-20 のり枠式と直立型の境界付近（昭和54年）

汀線の前進後退や侵食現象は波の特性と海底勾配に依存する所が大きいのが、この例のように、陸上の海岸保全施設によってもかなりの差があり得ることがお判り頂けると思う。

筆者が推奨して施工された外洋性海岸堤防表のり被覆工の第2の事例として、図-21に示すようなコンクリートブロック詰芝工（ ）を紹介しよう。

これは、前の例にくらべると前面の海底勾配がはるかに緩かで、堤防ののり面まで波がうち上がって来るのは年に数回といった程度の海岸である。

1 : 3 ~ 1 : 4 の緩勾配の築堤の表面にクラッシャーラン、碎石および栗石を敷いて基礎ごしらえをした上に、1 m × 1 m で厚さ25 ~ 30 cm の孔空きコンクリートブロックを、適当な間隔を置いて敷き並べ、間に土砂を敷いて芝を張り詰め



図-21 コンクリートブロック詰芝工（仮称）

たもので、昔の石羽口工にやや似た工法である。この工法にも別段基礎工はなく、同じブロックが地盤面下に1個程度入れている。また、越波・溢流を考慮して、裏のりにもほぼ同程度の工法が採用されている。

昭和54年10月台風20号により、この海岸にも高波が打ち寄せ、この堤防（天端高+7.20m）を数波越流したとのことであるが、堤防およびのり面には全く被害はなかった。図中の林木は、この台風の際に海から運ばれて来てほぼ天端近くまでうち上げられ、もどり流れの際にとり残されたものである。

このようなコンクリートブロック詰芝工方式は、堤防表のりのみならず、裏のりに用いても堤防の強度増強に極めて有効であり、十分の効用を発揮すると思われるので、従来のコンクリートやアスファルトの場所打ち被覆工の代替工法として今後大いに利用されることが望ましい。

適当な前浜が存在し、沖側で碎波した波が前浜および表のりをはい上がって来るような条件の海岸ではこのようなブロック詰芝工法でも十分であり、また従前の施工例からも芝は枯れるおそれはまずないとい

4. 海岸侵食対策護岸

海岸事業が発足した頃は、海学侵食対策としては、現に波によって海岸土砂が海へ持ち去られつつあるのを防ぐためには、当然これをくい止める方法として海岸護岸の設置をその第1手段と考えていた。「海岸保全施設築造基準解説」にも、「護岸は、現地盤を被覆し、土砂が持ち去られ侵食されるのを防止する施設をいう」と定義しており、護岸によって現地盤を被覆すれば海岸侵食は防止できると考えていたとい

うことができる。このことはまた、初めて海岸事業、特に海岸侵食対策に従事するようになった技術者の大部分がそう思い込んでおり、さらにまた比較的侵食対策が新しい諸外国の最近の施工例でも明らかに護岸の設置によって海岸侵食を防止できると考えている様子が見える。

しかし、すでに多くの被災例は、海岸護岸の設置は逆に前面海浜や海底の洗掘を助長し、前面海浜への砂の堆積を妨げる傾向が極めて強く、期待に反して、対策用の護岸を設置したために海岸侵食は急激に助長され、ひろかった砂浜は次第にせまくなり、僅かに残っていた前浜は一挙に消失するという事例が全国的に極めて多いことを明確に示しており、護岸工の新設は一般的に言って、それまでの海岸侵食傾向を助長させることはあっても、軽減する方向に有用であったと考えられる事例はそう多数ではない。

伊勢湾台風以後、海岸事業が次第に進展し、ほぼ時代を同じくして顕在化して来た全国各地における汀線の後退や砂浜の消失現象に対し、それまでにこの種の経験に乏しかった事業関係者は、あまりためらうことなく、伊勢湾以来標準的かつ廉価で知られていた図-7のような断面の堤防を海岸侵食対策施設として採択し、各地で急速にこの種の堤防が新設され始めた。

しかし、そのうちに、この傾斜型のコンクリート被覆堤防は、わずかな堤体土砂の吸い出しによって、容易にバラバラになり、簡単に被災することが次第に判明して来たのと、1割5分の勾配では最初に堤体土砂の築堤を行ない、のり面を転圧した後表のり被覆コンクリートを打設する関係で、侵食性海岸で施工中に波をかぶったり、長期間にわたり仮締切工事が必要になるなど不利な面が多いことが判って来たので、侵食対策護岸工法は先にコンクリートの打設が可能で、後で裏に土砂を詰めればよい「バットレスタイプ」の護岸が好まれるようになり、アッという間に、全国的にバットレスタイプ護岸が普及し始めた。

このバットレスタイプ護岸は、図-22に示すように、基礎工のカットオフも十分深く入れ、その下に鋼矢板を打ち、底版は十分ひろくにとって多少の吸い出しに対しても十分自立し得るよう配慮し、さらにバットレスを配して表のり被覆工の自立性を増し、吸い出し作用その他の原因で護岸の裏の土砂が多少取られ

て背面に空洞が生じても、護岸本体は独立して原位置に存在しつづけ、時化が去った後吸い出された土砂を背面に補給すればよく、バットレス付きの護岸は重力式に準ずる安定した護岸であるという考えのもとに設計され、施工されて来た工法であった。

この被災しにくいと考えられてきたバットレスタイプ護岸が各地で相ついで被災し始めた。

まず前面が洗掘され、背面土砂が吸い出されて、バットレス護岸全体が後方へ転倒してしまったもの（図-24）もあれば、バットレスの効用が発揮されて表のり面が折損することは何とか免れたが、自立への期待と波力に対抗する面では期待を裏切り護岸本体が大きく後側へ傾き、やっと立ってはいるが各スパンごとにバラバラになり（図-23）、結局全部

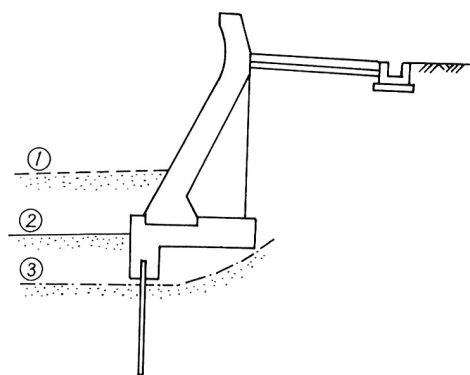


図-22 バットレスタイプ護岸構造図



図-23 バットレス護岸被災(その1)



図-24 バットレス護岸被災(その2)

をとりこわした上で再度護岸をつくりかえねばならなくなったものもある。

設計する際には十分の根入れと基礎洗掘対策ならびに吸い出し防止の見地から図-22の構造が採用されたと思われるが、同図の③の位置まで前面洗掘および吸い出しによって地盤線が下がる可能性があるとして推定すると、折角の底版の広さも前面のカットオフも何の役にも立たず、これだけの重量の海岸護岸本体を1枚の矢板がただ1点で垂直に支えられる筈もなく、矢板の頭部で簡単に折損して、やがて護岸本体の基礎が前にはらみ出し、上部ののり面を含む堤体は背後に転倒するか、その前に波力でクラックが入って波のもどり流れに乗って畳が浮くように前面海底へ運び出されることになる。これでは、地盤を被覆し土砂が持ち去られるのを防止するという海岸侵食の本来の役からはほど遠いといわねばならない。

ここで、もう一度バットレスタイプ護岸の被災過程を整理し、これが被災を免れる方法について検討してみることにする。

もともと海岸護岸は海岸堤防の裏のりがないものという形でスタートしたものが多いが、図-25の①のように、海岸堤防表のりとしてのバットレスタイプは、前面の海底勾配は比較的緩かで簡単に侵食・洗掘されるおそれは少なく、越波や雨水は天端に湛水するケースは非常に稀で、たまに天端工から堤体内に滲透した水も①のように裏のり尻から排水され、②の間隙水は堤防前面が余程大きく洗掘されない限り、前面へ吸い出されることもなく、裏のり面と天端の空洞さえ注意しておれば簡単に被災するおそれは少ない。

これが①のように護岸として用いられる場合は多くの場合地盤は砂である。前浜勾配はやや急になり、少し波が大きくかつ長時間続くと、前面海底は侵食・洗掘されて図のように矢板がのぞくようになる。

このように護岸前面が深くなると、波は護岸のすぐ前まで来て碎波するようになり、波の碎波に伴う波力は強大となって、越波量③も急激に増加するようになる。

堤防とちがって護岸では、この越波した海水や雨水は堤内側には排水されず、前面の波面が④のように谷になった時に、内外水位差によって①、②又は③のルートを通して護岸前面へと吸い出されていかざるを得なくなる。

前面海底が図のように矢板が見える程度まで洗掘されると、碎波に伴う衝撃的波力は強大であり、波が衝突するたびに躯体は振動し、陸側に強く押しつけられ、前面の波面が山④から谷④に移る時にはマイナスの波圧が背中を押すように働くので、矢板と底版、底版と表のりなどのジョイントに次第にクラックが入り口があくようになって背後の土砂の吸い出しが一挙に促進されることになる。

底版の下砂が少しでも吸い出され始めると、このバットレスタイプ護岸の全重量が矢板の頭の一点に集中することになり、簡単に後側へと転倒を始め、矢板は折れ曲がりカットオフは碎けてバラバラになる。こうしてみると、少々長いものを打っておいても、矢板の止水効果はほとんど期待できず、むしろ矢板のない方が底版全体で護岸を支えることによって長時間波力に抵抗できることになる。

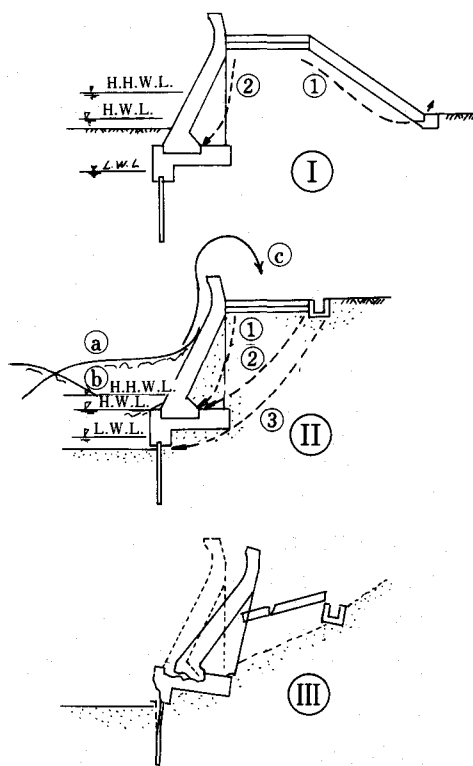
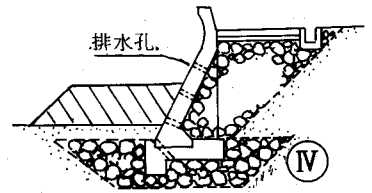


図-25 バットレスタイプ護岸の被災過程

以上のような過程でバットレスタイプ護岸が被災しているものと考えると、これを吸い出しに強い工法に変換する方法としては、右の図-26に示すような工法が考えられる。

すなわち、護岸背後の土砂の代りに栗石や砕石で填充し、少々護岸の裏側に越波水や雨水が滲透しても、簡単にこれをのり面にあげた多くの排水孔から直ちに排水させる。



表のり全体が水密性を保つ必要がないので基礎矢板や止水板も 図-26 吸い出しに強いバットレス護岸 全部取り除き、基礎は常に底版全体に荷重が等分布され自立しうよう全体を栗石基礎の上に載せる。また前面が大きく洗掘されて基礎栗石が散乱しないように前面に消波兼根固工を設置する。

このように、堤体内側の水が簡単に排水出来るようになると、吸い出しもなくなり、このバットレスタイプ護岸はかなり長期間にわたって侵食対策の護岸としての効用を発揮しつづけることができるものと思われる。

それでは、この図-26の形が侵食対策護岸として最ものぞましい形であるかということ、実はまだ大きな問題が残っている。それは護岸の工法とその前面の砂浜との関係に関する問題である。

それは、今まで各地の侵食性海岸で、護岸を設置したためにかえって砂浜が消失してしまったという例がかなり多いということである。これは、地盤を被覆して土砂が持ち去られるのを防ぐために設置した筈の護岸が、従来の天然海岸にくらべて入射して来る波をより大きく反射するため、護岸前面の砂は今までよりも大量に沖へもって行かれ、護岸の後側はカバーしても、前面はかえって砂が失くなってしまい、護岸のない所の方がまだ広く砂浜が残っているという結果を招いて、これが果して侵食対策なのか、何のための護岸なのかと疑問をいだかざるを得ない事例が決して少なくないということである。

したがって、侵食対策としての護岸工法は、

- 1) 地表をカバーして土砂が持ち去られるのを防ぎ、
- 2) なるべく前面の砂が持ち去られないように護岸の反射率を小さくし、
- 3) 来襲波の碎波圧をなるべくソフトに受ける。

ような護岸がのぞましい。このような観点から、筆者がかねてから考えて来、静岡海岸で試験的に施工し今のところまずまずの結果を得ている異形ブロック張り護岸について説明しよう。

図-27に示す異形ブロック張り護岸は、

- 1) 表のりの裏にフトン籠（耐海水性）、栗石、砂利、さらに出来ればクラッシャーラン等を敷いてフィルター層を形成させ、堤内側の間隙水を静かに表のりから土砂を持ち出すことなく排水させる。
- 2) 反射率を小さくすると同時に、入射し衝突する波が下から順に上側へと時間がずれて当ることによって同時波左が非常に小さくなる効果を期待して表のり勾配をなるべく緩やかにする。
- 3) 排水用の孔を多数あける代りにのり全体を必要重量をそなえたコンクリートブロックに代え、衝突波がブロック1個ごとにバラバラに当ることによって同時波圧を著しく減少させる。
- 4) のり面をはい上がり、あるいは衝突した波のかかなりの部分はブロックの間隙やブロックの孔部からのり裏のフトン籠や栗石・砂利層に流入し、表面を流れ落ちるもど

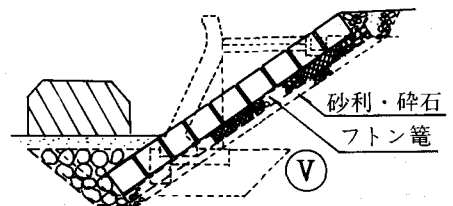


図-27 異形ブロック張り護岸工法

り流れより、かなりタイミングがずれてゆっくりと表側へ出て来るため、護岸前面の前浜のもどり流れによる侵食・洗掘がやや緩和される可能性が期待できる。

- 5) 仮に護岸裏および背後の土砂が多少吸い出されたとしても、栗石、フトン籠およびのり張りの異形ブロックが直ちに追隨して原地盤をカバーする屈撓性があるので、裏側に空洞を生じるようなおそれはまずないといってよい。
- 6) 全体がラフな開放性構造であり、基礎工や止水矢板あるいは止水板など全く必要がない。
- 7) 基礎矢板打ち込みならびに基礎コンクリートの現場打設がないので施工期間が著しく短縮され、特に基礎工に関する手もどりのおそれがほとんどない。
- 8) 基礎部の施工に当っては根固消波用の異形ブロック消波堤を一部先行させることによって仮締切の工法が著しく簡略化され、また仮締切期間も大幅に短縮される。
- 9) 仮にブロックが一部脱落あるいは散乱したとしても、工法全体が応急工法と類似した工法であり、直ちに異形ブロックの追加捨込みによって大きく被災することを防止し、海面の静穏化後直ちにブロックならびにフトン籠等をセットし直し並べ変えることによって従来の機能回復が可能であり、バットレスタイプの表のり被覆工がバラバラに散乱するのとは極めて対照的である。

といったような機能と特性を具えており、目下のところ最も有利な護岸工法ではないかと考えている。

すでにかかなりの数の同じ傾向による被災例が各地に見られるバットレスタイプ護岸は、以上のような観点からの見直しが必要であり、バットレス護岸が前面の砂浜消失によって被災した際には、できるかぎり原形復旧はやめて、思い切ってこのブロック張り工法に切り変えることを推奨するものである。

図-28は、7920台風により被災した静岡県静岡海岸（通称久能海岸）の被災前および復旧工事の断面図である。異形ブロック張護岸工法の1例としてここに示しておく。これについての詳細は参考文献¹⁾を参照されたい。なお、異形ブロックの種類、規模等についてはなお今後検討して行くつもりである。

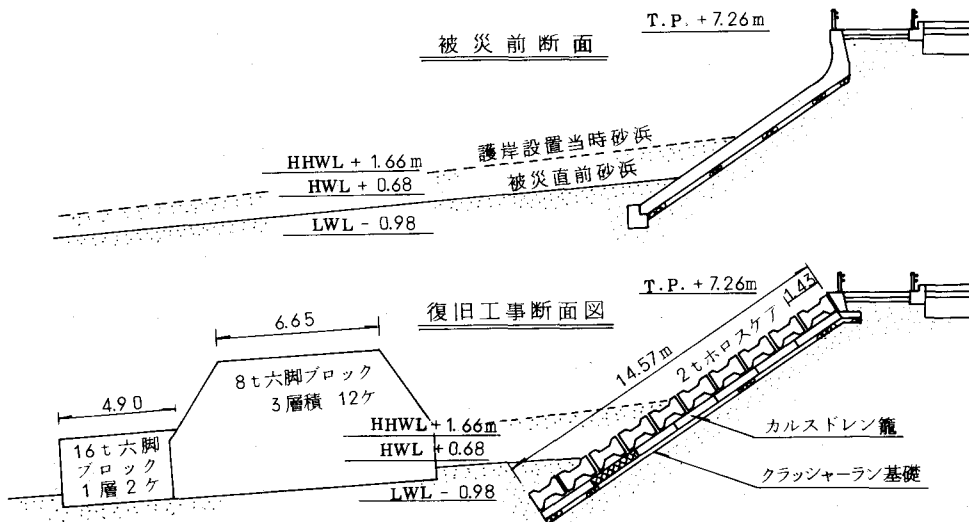


図-28 静岡海岸の被災前および復旧工事断面図

参 考 文 献

- 1) 豊島・斎藤・小菅・煙山：7920台風による駿河湾沿岸の海岸災害について、第27回海講，1980