

モルディブのマレ島の海岸現況とその改良

Present situation of coastal zone at Male island in Maldives and its implementation plan

宇多高明*

Takaaki Uda

Weakness of coastal zone at Male island against high waves is discussed. At this island rapid economic development and population increase enhanced necessity of land reclamation. Land reclamation on coral reef greatly decreased the wave dissipating effect of natural reef. In order to increase safety for wave disasters, protective measures are needed. This study summarizes the orientation of future planning of these measures.

Keywords: Maldives, Coral reef, Protective measures, Planning.

1. まえがき

1987年4月中旬、モルディブのマレ島は高潮により大きな被害を受けた。この災害時、筆者は我が国初の緊急援助隊の一員として災害調査に参加する機会を得た。また、同年8月には高潮災害の緊急復旧計画の立案のために同地を再訪し、被害の著しかったマレ島南岸において10基の離岸堤を建設する計画を立てた。この計画は我が国からの無償援助により1990年には実現を見た。その後、1991年1月、マレ島の護岸建設計画調査のために当地を再度訪れ、同年8月より本格的な調査が開始された。この間、1991年9月には調査プロジェクトの作業監理委員長として再び当地を訪れた。

モルディブは全島がサンゴ礁でできており、世界的に貴重な自然環境を有している。しかし、首都のあるマレ島では近年の急速な人口集中のため島の環境条件が悪化しており、特に新しく埋め立てられたリーフェッジに近い地区ではしばしば高潮災害を受けている。ここではマレ島の海岸保全の現況について紹介し、今後の対策のあり方について考察する。

2. マレ島の海岸の現況

以下では、1991年1月末の現地踏査時の写真をもとにマレ島の海岸の現況を調べることとする。個々の場所の説明に入る前に、マレ島の全体状況の理解が容易となるよう、マレ島の全景



写真-1 マレ島の空中写真 (1990年3月撮影)

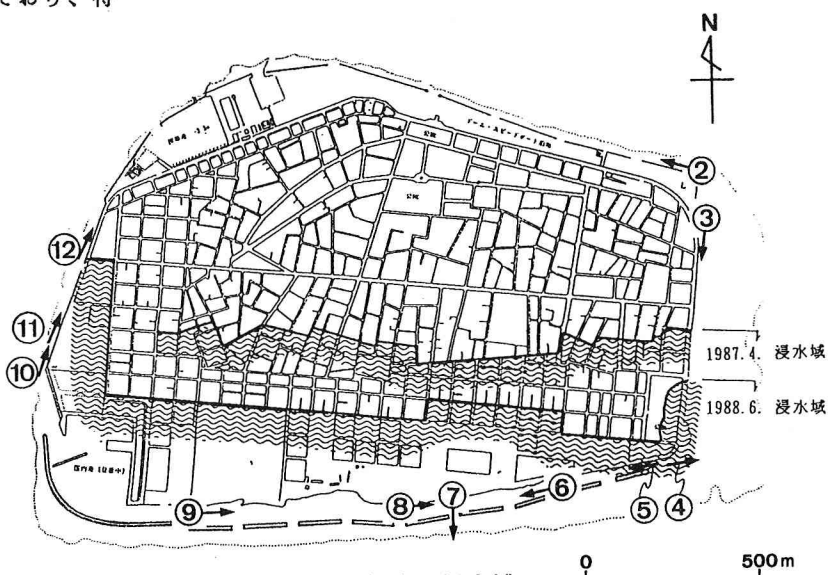


図-1 マレ島の概形と浸水域

* 正会員 建設省土木研究所河川部海岸研究室長, 工博 (305 つくば市旭1番地)

を写真-1に示す。これは1990年3月の状況であり、マレ島を南西端よりながめたものである。島に向かって左（南）側に新設の離岸堤が望める。また、写真によれば狭小なサンゴ礁がリーフェッジの近傍まで埋め立てられ、狭い区域に家屋が密集している状況がよくわかる。また、図-1にはマレ島の地図と、1987年4月および1988年6月の高潮による浸水域を示す。浸水域は、南岸を中心として広い範囲に及んでいる。これらの浸水状況の詳細については既に報告したとおりである¹⁾。さらに図-1には以下に述べる写真の撮影位置を番号で示す。また、海岸の特徴の記述は時計回りの方向に進めることとする。

マレ島の北東端には、リーフェッジにかなり近接して海岸護岸が造られている(写真-2)。写真右上には石油備蓄タンクのあるフナドゥ島がわずかに望まれる。ここは北マレ環礁の内側を向いた位置にあるので、インド洋の波は直接作用せず、もっぱら環礁内で発達した風波が作用する。それにもかかわらず写真のように護岸は著しく破壊され、中込め材が陸側に散乱している。護岸の断面を見れば明らかのように、護岸の堤体の中にはサンゴ塊や貧配合のコンクリートの袋づめが積まれており、外側約10cm程度がコンクリートで固められている。一見して明らかなように強度は弱い。このため波の集中により護岸が破壊されると、相互に連結されていない中込め材が流出し、護岸は容易に破壊が進んだと考えられる。

写真-2の地点より100mほど東側へ回り込んだ地点より撮影した東岸の状況が写真-3である。この付近では幅広いリーフが埋め立てられずに残されているので、潮位が異常に高くない限り高波浪は減衰する。写真に示すように、のり面が比較的緩い勾配のコンクリート護岸が設置されている。しかも、この護岸では排水路が護岸の前面にあるのが特徴である。護岸に沿って歩くと、護岸の岸側には越波の跡が残されており、この護岸高では高さが不足することが明らかである。1987年4月の高潮の来襲当時、この護岸は約40cmほど低かったが、その時には越波だけでなく大量のサンゴ塊が陸側へ打ち込まれた¹⁾。その後護岸の改修が進められたが、高さは依然として十分ではない。また、写真-3は南方を望んでいるが、その南東端にはほぼ常時高波浪が来襲し、リーフ上で碎波が生ずる。外洋からの入射波の波高は北側ほど低くなるので、写真



写真-2 マレ島北東端



写真-3 マレ島東岸



写真-4 マレ島東南の隅角部

-3に示す区域では前方ほど碎波波高が高くなる。このため南側より北側へとほぼ常時かなり強い海浜流が発生し、この流れは写真-3よりわずかに北側にあるリーフギャップよりリーフ外へと流出する。

写真-4にはマレ島の東南の隅角部の海岸状況を示す。南東からの高波浪が常に作用している場所である。写真の前方より手前に向かってリーフの幅は次第に広がるので、写真前方での碎波波高が高い。ここにも海岸護岸が設置されているが、写真-2の場合と同様、中込めにサンゴ塊を使い、その外側を薄くコンクリートで覆った構造であるために、一度被覆工が破壊されると中込めの流出が続き、破壊範囲が容易に広がることになる。

1987年4月の高潮災害後、高波による災害を軽減するために我が国の無償援助により10基の離岸堤が造られた。写真-5は、第1号離岸堤とその背後地の状況を示す。この付近は1987年の高潮災害時には埋め立て地で護岸もなく、大量の土砂が流出した場所である。離岸堤の建設後、背後には護岸も造られ、背後地は非常に良く整備された。異形コンクリートブロック製の離岸堤は、リーフの基盤の一部を切り込んで設置されているので、安定性は高く、また消波効果も著しい。南岸に沿って設置された離岸堤の岸側には離岸堤の建設時に掘削された水路が延びている。写真-6はこの水路に沿って設置された護岸の一部が、発電所の取水パイプの設置工事のために取り除かれた時の状況である。向かって左側が離岸堤との間にある水路である。この場合にも護岸の中込めの状況が明らかである。

マレ島の南岸にはリーフエッジに沿って離岸堤が設置されているが、これらの離岸堤は幅約30mの開口部を有している。写真-7はこの開口部の状況を示す。もともと離岸堤はリーフ上に造られているから、開口部の水深は浅く、インド洋からの入射波はここで碎波し、碎波後の波が離岸堤の背後へと回折する。浅い平坦面上で碎波が生ずるために、リーフ外より離岸堤の内側へと常時海水が流入し、この海水は離岸堤の岸側にのびる深い水路を通して南西端にある港方面へと流出する。離岸堤の建設前にはこの付近に海水が停滞するとともに、付近にはゴミ捨場となっていたため衛生状態は非常に悪かった。しかし、離岸堤の建設後は常に海水交換が行われるため水路の水質は非常に良好に保たれ、付近の子供が集まって泳ぐための良い場所となった。写真-7



写真-5 マレ島南岸の第1号離岸堤

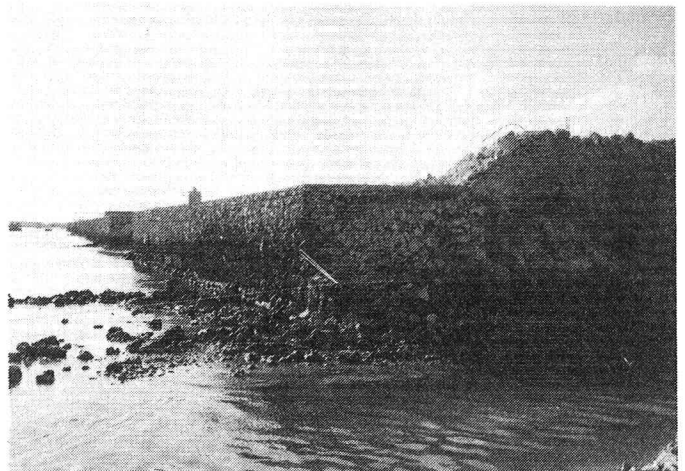


写真-6 マレ島南岸の護岸

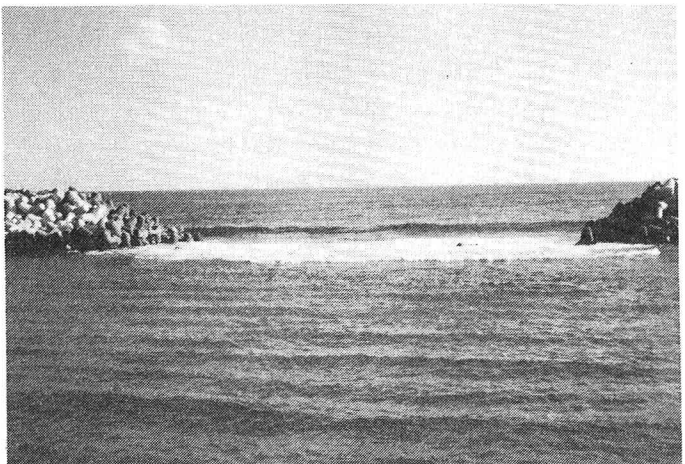


写真-7 マレ島南岸の離岸堤の開口部

の地点よりさらに西側の港湾との境界近くの離岸堤と護岸の状況を示すのが写真-8である。護岸と離岸堤の間に広い静穏域が広がっている。護岸のすぐ右（南）側は深い水路になっている。この水路は近い将来内航船の泊地として利用される予定になっており、事実ここよりさらに西側の区域ではすでに写真-9に示すように岸壁として利用され始めている。

マレ島の南西端に建設中の港を回り込んで西側に達すると、海岸状況は大きく変化する。西岸へは外洋からの波は直接作用せず、環礁内で発達した風波が作用する。このため入射波浪のエネルギーは南岸に比較して小さいが、西岸はリーフェッジ近くまで埋め立てられ、護岸が造られたため、波がほとんど減衰せずに護岸に作用することになる。したがってしばしば越波災害が生ずる。写真-10は西岸を北向きに撮影したものである。ここではインドの援助により病院が建設中であったが、護岸からの越波が激しく、それによる浸水の防止のために多数のサンドバックが設置されていた。また護岸はいくつかの場所で写真-11に示すように破壊されていた。一度破壊されると、護岸の中込めは容易に流出してしまい、天端が陥没することになる。最後に、マレ島の西北端の海岸状況を写真-12に示す。この付近の護岸はリーフェッジによりわずか数mしか離れていない。したがって北西方向からの入射波により越波が生ずる。越波対策が難しい所でもある。

3. 対策案の検討

具体的対策案の検討に入る前に、いくつかの基本的な留意点について整理しておく必要がある。第1に、マレ島における海岸災害は基本的に面積187haと小さな島へ約6万人もの人口集中が原因となって生じたことが指摘される。このため、住宅地や道路その他の公共施設のスペースが不足し、そのためリーフェッジ近くまで埋め立てられ、それらの土地が利用されるようになった。これにより高潮に対する脆弱性が生じ、たびたび災害を受けるようになったのである。一般にモルディブといえばみごとなサンゴ礁を思い浮かべる人が多いが、マレ島ではもはやそのような自然はほとんど失われた。このようにある地域にのみ人口が集中する点は、基本的に我が国において大都市に人口集中が起こることと同様である。我が国も沿岸域にかなりの人口集中があるが、我が国では海岸保全のための施設の

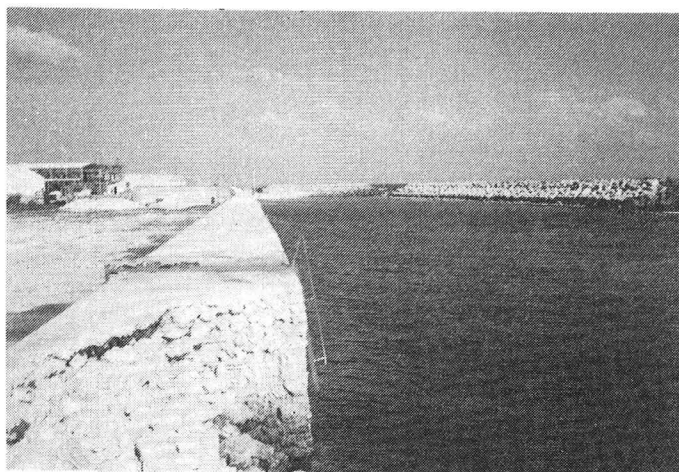


写真-8 マレ島南岸の離岸堤背後の静穏域

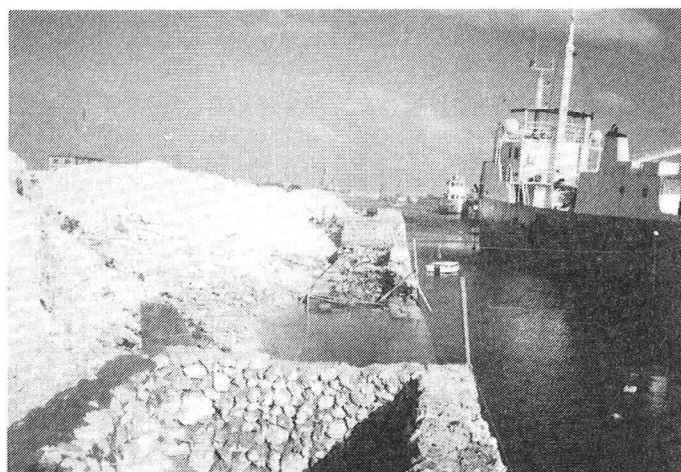


写真-9 マレ島南岸の南西端に近い部分

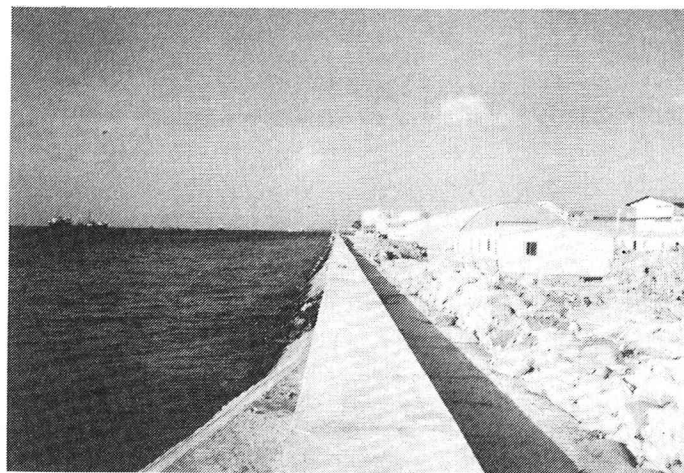


写真-10 マレ島西岸

準が高いからたびたび災害を受けることはない。一方、モルディブでは前節で見たように施設は全般に貧弱であり、そのため災害が繰り返されることになる。この点が第一の問題点である。

第2には、モルディブの国土はサンゴ礁からなるために、大量の土砂や淡水の入手が困難であり、したがって我が国での海岸保全施設の建設ではとくに問題とならない点こそが問題になるのであり、単に施設の脆弱性を批判することはできないことである。少量のサンゴ砂は周辺の島々から運ぶことはできても、建設工事に必要な大量の骨材は外国から輸入しなければならない状況にあり、また淡水は多くのコストをかけて淡水化装置で造り出さなければならないのである。こうした厳しい条件にあるため海岸保全の水準を高めることが非常に困難なのであった。そしてこの点は、将来における護岸の建設計画にも大きく影響する要素である。

ところで、最近地球環境問題が広く議論され、その中の一つにサンゴ礁の保護がうたわれている。ごく一般的に考えれば、モルディブは世界有数のみごとなサンゴ礁を有しているから、それらの保護は極めて大切であり、したがってマレ島の海岸防災についても同様な観点からサンゴ礁を厳しく保護すべきとの見解も成立する。しかし、マレ島はすでに人工的改変が高度になされており、また多数の人間の出すゴミやし尿が島の周辺で処分され

ているために、環境条件は他の島と比較して極端に悪化してしまっている。その上高潮災害を受ければ、1987年の時と同様、伝染病が広がりかねない。この意味より、マレ島ではまず基盤となる施設を十分な強度で早急に造り上げることが必要である。それに加えて残されたわずかなサンゴを保護するとともに、新たにサンゴが生育しやすい環境条件となるよう誘導することが望ましい。例えば、海水交換特性が悪化しないよう工夫する必要がある。

以下ではマレ島の東岸、南岸、西岸の順に具体的な対策工と留意点について考えてみたい。マレ島東岸では写真-3に見たように護岸からリーフエッジまでの距離はかなり広い。したがって越波防止を図るには、かさ上げした護岸と、前面に消波工を設置することにより対応が可能である。ただし東岸地区には近い将来、図-2に示すようにリーフを埋め立てて水泳プールが造られる予定である。この場合東岸のうち南部はリーフエッジの幅が狭く、湾入地形となっているためにプールの位置はできるだけ北側の位置とすべきである。南東部の湾入地形の部分では通常時でも波の屈折集中により波高が高いから、ここでは施設による越波防止が最も重要であって、埋め立ては困難である。一方、図-2に模式的に示すように、南東方向からの入射波が碎波することにより、東岸ではほぼ常時北向きの海浜流が発生し、この流れは東岸での過度の水位上昇を防止するとともに、活発な海水交換により東岸の水質を保つのに役立っている。このことより、プールのための埋め立て計画を立てる際には、この流れを阻害しないよう埋め立て地の形状を滑らかにするなどの配慮が必要である。結局のところ、設計潮位と波浪条件

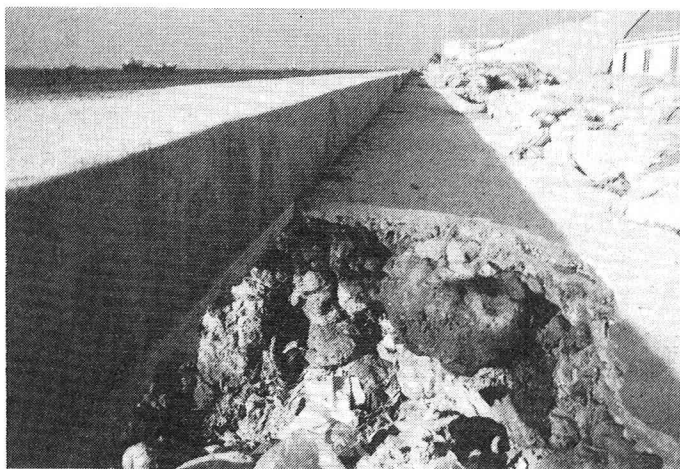


写真-11 マレ島西岸の護岸の被災状況

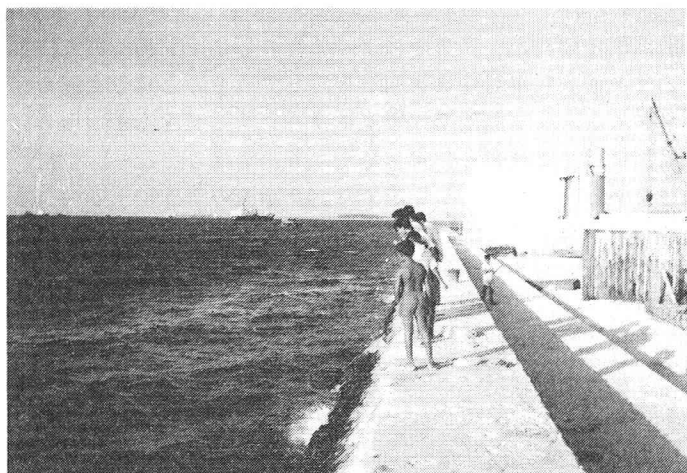


写真-12 マレ島西北端

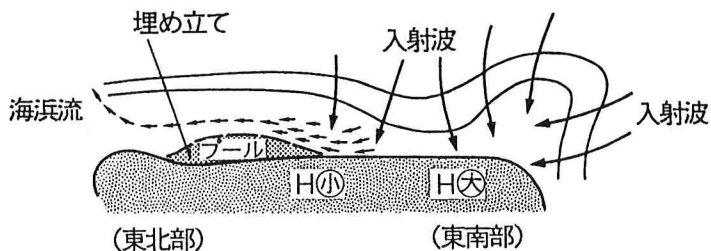


図-2 マレ島東岸における波の屈折と海浜流

のもとで入射波の屈折・碎波変形の計算を行い、越波を防止できるような護岸の高さと消波工について検討することになる。その場合、東南部の護岸法線は現在のままとすることが望ましい。

マレ島の南岸では既存の方式により護岸を造ることになるが、ここは水路があり、そこは近い将来埠頭としても使われる予定である。したがって護岸は岸壁として設計される必要がある。ところで、離岸堤は開口部があり、そこからの侵入波は静穏度を保つ上では障害となる。一方、碎波に伴う海水交換はこの水路の水質維持に非常に役立っている。これらのことから、離岸堤の開口部からの侵入波による越波防止、および静穏度の確保と海水交換を現地データ等をもとに検討し、最適な設計を行う必要がある。

マレ島西岸は対策が最も難しい場所である。西岸のうち特に北側部分においては、リーフェッジと現況の護岸との間はわずか数mしか離れていない。したがって護岸の法線が現在のままであったとしても、護岸のかき上げと消波工の設置を実施するのにかなりの困難に直面し、特に消波工ののり先数mより非常に急角度でリーフが切れ落ちているので、消波工や護岸の安定性の確保が問題となる。この点について十分な検討が必要である。一方、浅海部の幅が狭いことから、ここでは消波工と護岸を組み合わせるのではなく、直立消波護岸とする案もあり得る。詳細な地形・断面形を入手後、具体的な検討を行うべきであろう。

4. まとめ

この小論では、モルディブのマレ島において進められようとしている高潮対策の基本的考え方について述べた。我が国と同様、一局集中により首都のあるマレ島への人口集中が進んできており、高潮災害が頻発する原因もここにある。利用可能な空間が限られていることから、埋め立てにより陸域面積を広げようとする非常に強い願望があるが、マレ島西岸のようにリーフェッジ近くまで埋め立てられた場合、越波対策は非常に困難となり、また対策に要する経費も非常に高くなる。やはり、リーフの持つ消波効果は最小限残し、それに対し補足的に消波施設を造ることが望ましい。また、我が国のように土砂や淡水の入手に何ら困難を伴わない条件と比較すると、モルディブは極めて困難な状況にあるから、計画においてはこの点を良く考え、将来の維持管理ができるだけ容易となることを念頭に置いて施設の設計を行うべきである。

参 考 文 献

- 1) 宇多高明(1988): モルディブにおける高潮災害, 海岸, Vol.28, pp.41~50.