

海域制御構造物の背後域に造られた人工海浜の安定性

建設省土木研究所海岸研究室 正会員 宇多高明
正会員 山本幸次

1. まえがき

近年、建設省ではマリン・マルチ・ゾーン(MMZ)構想を推進し、外洋に面した沿岸域の有効利用を図ろうとしている。この構想の軸となるのが、沖合の水深10~20mに設置され、消波効果により静穏な海域環境を創出する海域制御構造物である。このような海域制御構造物の消波効果や耐波安定性等については、既にいくつかの研究成果が得られている^{1), 2)}。一方、MMZ構想の中では消波構造物の設置によって静穏域を創出するばかりでなく、構造物の背後での養浜により新たな砂浜空間を創成することも重要なテーマの1つになっている。しかし、消波効果を持った構造物の背後に単に養浜を行うのみでは養浜砂の多くは流出してしまう。すなわち、海域制御構造物の養浜砂流出制御効果には限界があり、創成された人工海浜を安定に保つには適切な補助施設が必要となる。本研究では、海域制御構造物の養浜砂流出制御効果と、安定な人工海浜を形成させるための補助施設の機能について移動床模型実験により検討したものである。

2. 実験方法

移動床模型実験には長さ21m、幅16mの平面水槽を用いた(図-1)。実験の縮尺は1/50とし、海浜模型としては、中央粒径 $d_{50}=0.28\text{mm}$ の砂を用いて沿岸方向に一樣な断面形を整形した。汀線付近の勾配は1/10とし、水深20cmより沖は平坦面とした。この断面形は駿河海岸の海浜断面形をモデル化したものである。波浪条件は、駿河海岸の移動床模型実験³⁾において、波による海浜断面変化が現地海岸とほぼ同一になる条件として、沖波波高 $H_0'=5.0\text{cm}$ 、周期 $T=1.27\text{s}$ を選び、この波を直角入射させた。実験は4ケース行った(図-2参照)。ケース①では、直線海浜に堤長4mの海域制御構造物を離岸距離4mの位置に設置した。この実験は、養浜を行わない場合における構造物背後での海浜変形を調べることが目的とする。ケース②では、直線海浜に半円状の養浜を行い、構造物によって遮蔽されない場合の海浜変形を調べた。ケース③は、ケース①、②を組み合わせたもので、構造物の遮蔽効果による養浜砂の流出状況を調べた。ケース④では、ケース③と同様な地形条件の下で養浜砂の流出防止対策として突堤を設置した。

実験では波を6時間作用させ、この間の地形変化を調べた。地形測定は原則として沿岸方向に0.5m間隔で測線を設け、ケース①では初期と2、6時間後に、ケース②、③、④では初期と1、3、6時間後に行った。また汀線形状の測定は、ケース①では実験開始後1、2、4、6時間に、ケース②、③、④では実験開始後5、30、45分、1時間40分、2時間20分および3、6時間に測定した。そのほか

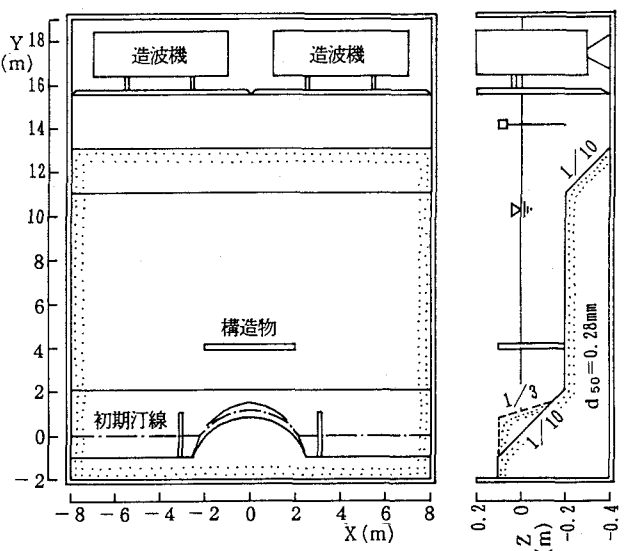


図-1 実験概要図

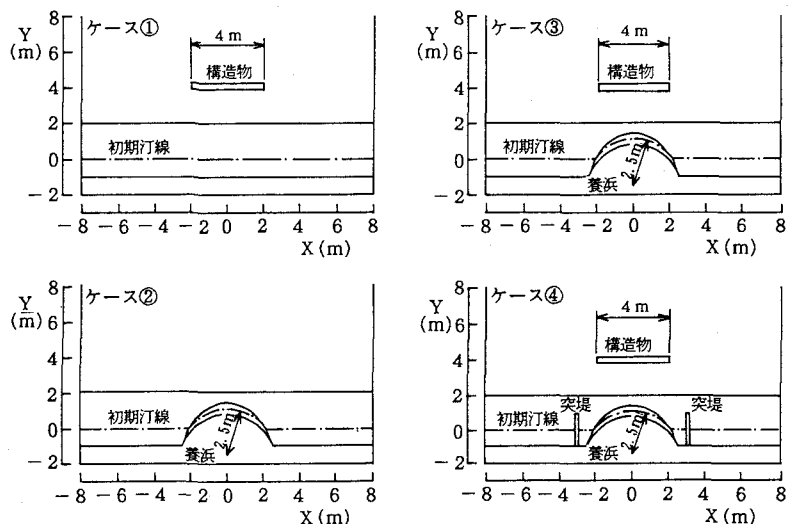


図-2 海浜模型概要図

碎波波高分布と碎波点における入射角の分布、および入射波高を測定した。

3. 実験結果

3.1 等深線形の比較

ケース①の初期形状を図-3に示す。各等深線は直線状である。また、構造物は水深約22cmに設置された。汀線形状の経時変化測定により、地形変化がほとんど生じなくなったと判断された実験開始後6時間の等深線形を図-4に示す。等深線の全体形に着目すると、構造物の岸側の-8~-20cmの等深線はほぼ初期形状を保っている。これに対し、構造物と側壁との間の等深線はわずかではあるが全体に沖向きに移動しており、浅海域で侵食された土砂が堆積したことが分かる。更に、浅海部の4~-6cmの等深線は、構造物の背後では緩やかに前進し、舌状砂州が形成された。また、構造物の背後域外ではこれらの等深線は後退した。全体として構造物の背後域外より内側へと土砂が運ばれたことが明らかである。また、構造物背後の4~-6cmの等深線の間隔は狭く、ほぼ平行である。このことは、この部分での地形変化が沿岸漂砂によって生じたことを示している。

図-4によると、形成された舌状砂州の規模はそれほど大きくない。この理由は、構造物の堤長に対し離岸距離が大きいため構造物の開口部から波が侵入すること、また構造物が透過性を有するために汀線付近には透過波が作用することなどである。ところで、構造物の背後域で養浜を行う場合、図-4のように十分長い時間をかけて形成された舌状砂州より突出して養浜を行えば、養浜砂は流出してしまい、最終的には図-4の汀線形に近づくはずである。したがってこのような安定な舌状砂州の特徴を構造物毎に調べておく必要がある。本研究では図-4により安定な舌状砂州が明らかになったから、以下では過剰に（舌状砂州より突出して）養浜を行う場合について実験的検討を進めた。

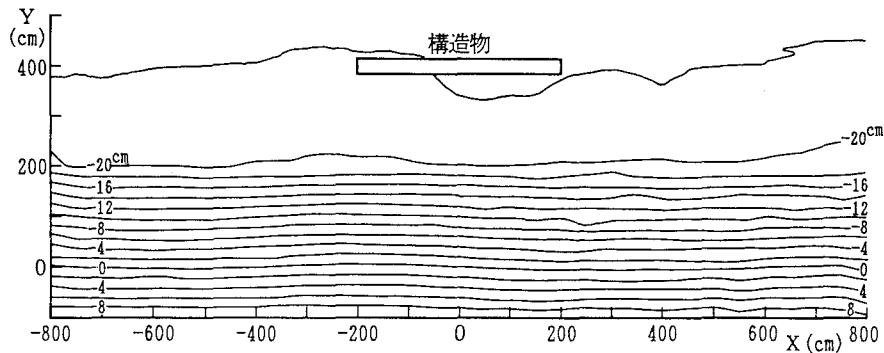


図-3 等深線図（ケース①，初期）

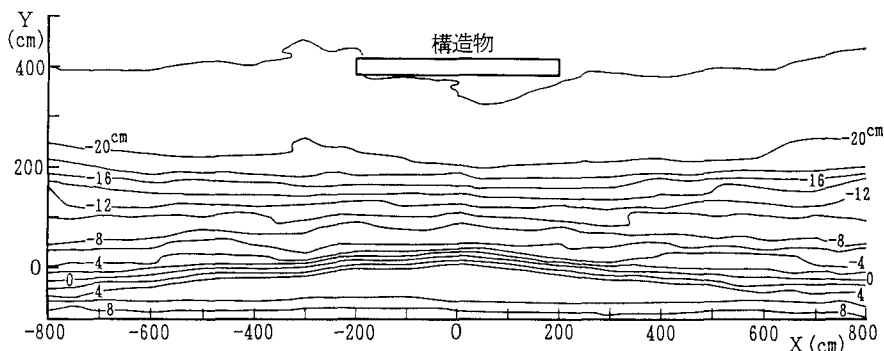


図-4 等深線図（ケース①，6時間後）

ケース②は、波を遮蔽する構造物のない条件下での養浜砂の拡散状況を知るために実施した。初期形状を図-5に示す。養浜箇所では等深線が半円状になっている。この地形条件で波を6時間作用させた後の地形を図-6に示す。養浜区間の等深線は初期には半円形状であったが、波の作用で急速に侵食され、-12cm以浅の等深線はほぼx軸と平行となった。養浜区間では浜崖が形成された。侵食された土砂は養浜区間外へ運ばれ堆積した。一方、-16cmの等深線はいずれの場所でも初期形状と比較してほとんど変化がなく、特に養浜箇所の中央部では初期に等深線間隔が非常に密で急勾配であったにもかかわらず変化がない。このことは、養浜砂は沖向漂砂によって運ばれずに、沿岸漂砂によって沿岸方向に急速に輸送されたことを表わしている。構造物によって遮蔽されてい

いたために養浜砂は急激に流出した。

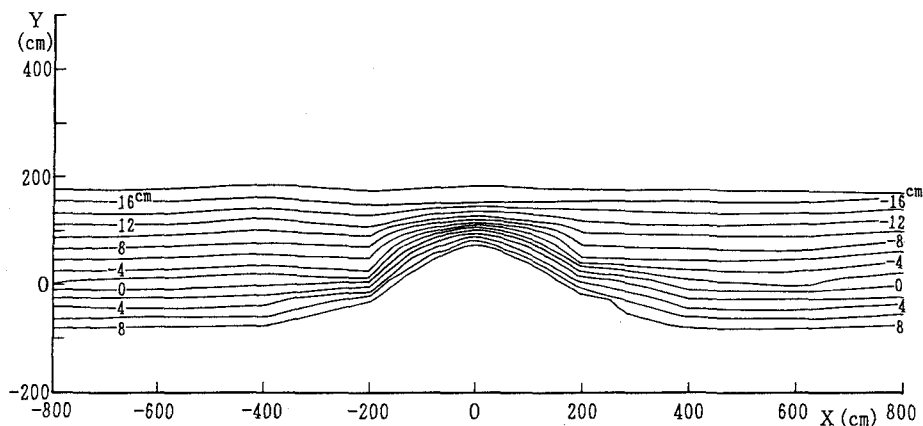


図-5 等深線図 (ケース②, 初期)

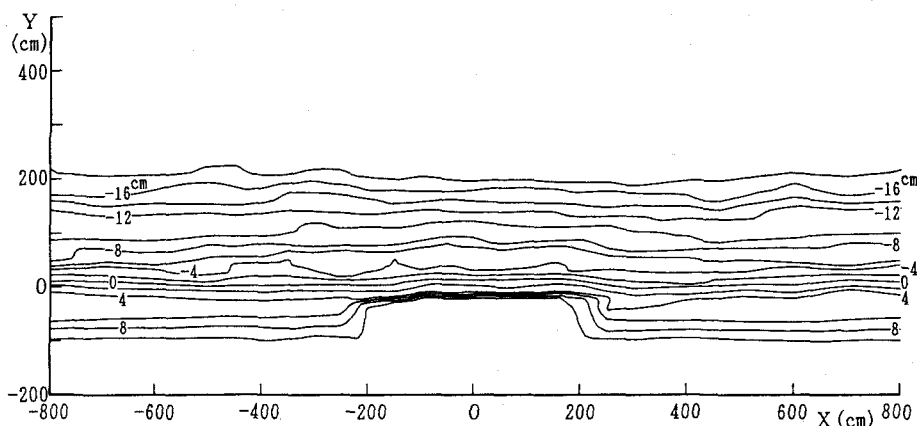


図-6 等深線図 (ケース②, 6 時間後)

次に、構造物の背後に養浜を行ったケース③の実験結果について述べる。初期形状を図-7に示す。養浜により構造物背後の等深線は沖に突出している。図-7に示す初期海浜に波を6時間作用させた後の地形を図-8に示す。沖合に構造物が設置されているが、養浜砂の大部分は沿岸方向に流出してしまう。これは構造物の堤長が離岸距離に比較して短く、形成される遮蔽域が狭いためである。一方、構造物のない場合 (図-6) と比較すると、ケース③の方が侵食量は少なく、明らかに残留している土砂量が多い。このように、構造物の背後では波浪が静穏化し、波向が変化するために沿岸漂砂量は減少する。その減少割合は構造物の規模と透過率の大小に依存する。ここで実験を行ったような規模と透過率 ($K_T=0.6$) では、沿岸漂砂による土砂の流出速度を減少させることはできても、最終的に広い前浜を確保することはできない。

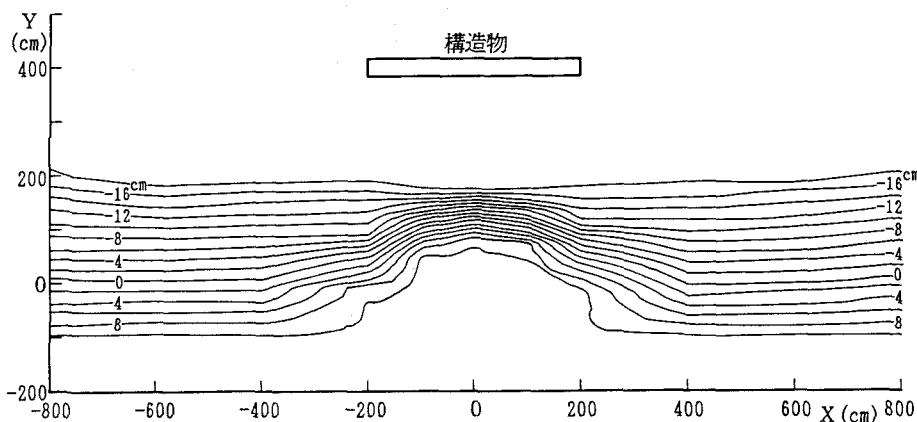


図-7 等深線図 (ケース③, 初期)

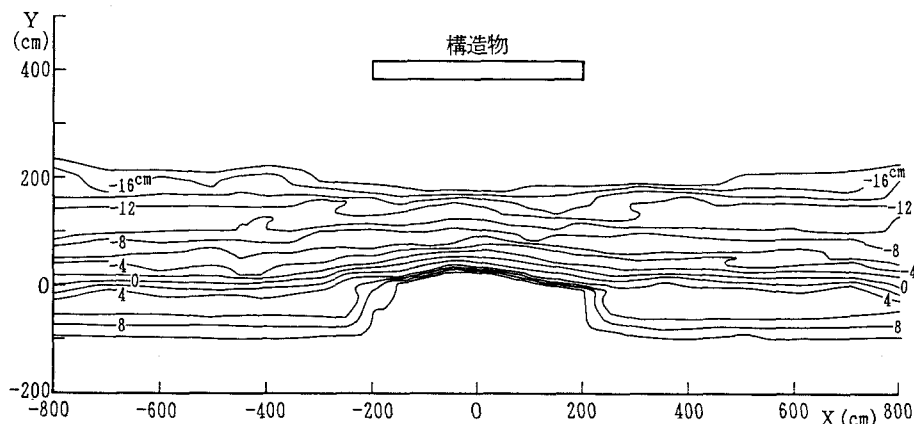


図-8 等深線図 (ケース③, 6 時間後)

ケース④の初期形状を図-9に示す。初期海浜形状はケース③と同様であるが、 $x = \pm 3m$ の位置には突堤が設置されている。6時間後の地形を図-10に示す。初期形状では突堤位置で滑らかに接続していた $-8 \sim 4cm$ の間の等深線は、突堤位置で不連続となった。また、突堤に挟まれた区間の等深線は当初冲向に突出していたが、各等深線はほぼ x 軸と平行となった。これは中央部で侵食された砂が突堤近傍に堆積したことを示している。結局、突堤により養浜砂の流出が阻止され、突堤に挟まれた区間 ($-3m \leq x \leq 3m$) に養浜砂のほとんどが残っていることになる。

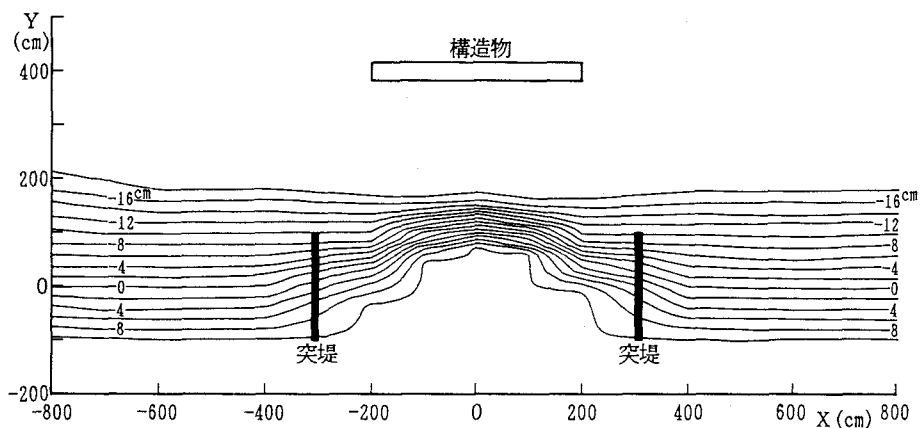


図-9 等深線図 (ケース④, 初期)

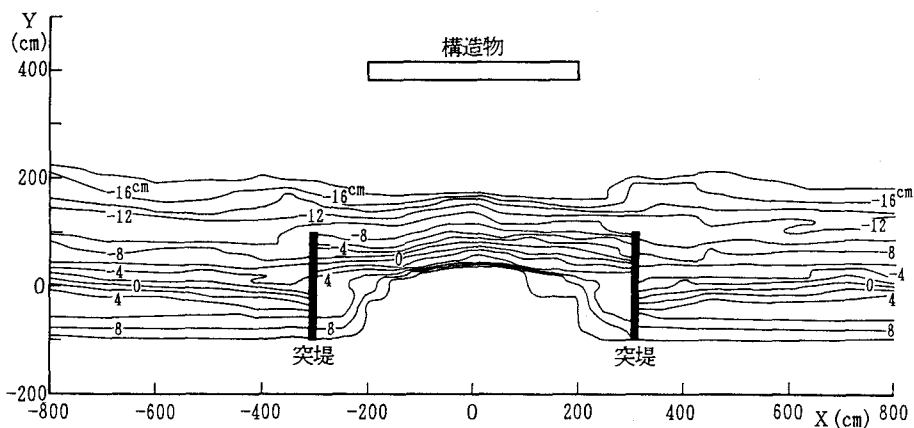


図-10 等深線図 (ケース④, 6 時間後)

3.2 汀線形状の比較

ここではケース②、③、④の汀線形状の変化状況の比較を行う。汀線変化は、いずれの場合も実験開始後1時間までの間で著しく、その後の変化は大きくなかった。そこで初期より1時間までのデータを用いて汀線変化を比較した。最初に、ケース②の汀線変化を図-11に示す。養浜部の最も突出した位置 ($x=0m$) では初期の汀線変化量が大きく、5分後には20cm、30分後には45cm後退した。30分後以降では変化量は小さくなり、1時間後には初期に比較して60cm後退した。養浜区間以外の海浜では養浜部分の砂が堆積し、汀線は経時的に前進した。

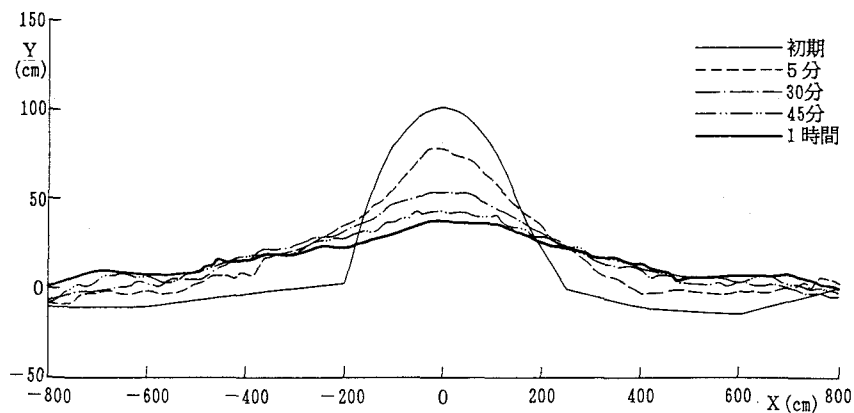


図-11 汀線変化図 (ケース②)

次に、ケース③の汀線変化を図-12に示す。養浜部の汀線の後退量は、ケース②と同様に初期において大きい
が、その絶対値はケース②と比較するとかなり小さい。1時間後の汀線の最大後退量は約30cmであり、ケース②
の約60cmの1/2と小さい。この差は、構造物の遮蔽効果によるものであって、主として波浪が減衰したために沿
岸漂砂量が減少し、これによって汀線の時間的後退割合が減少したことを表わす。

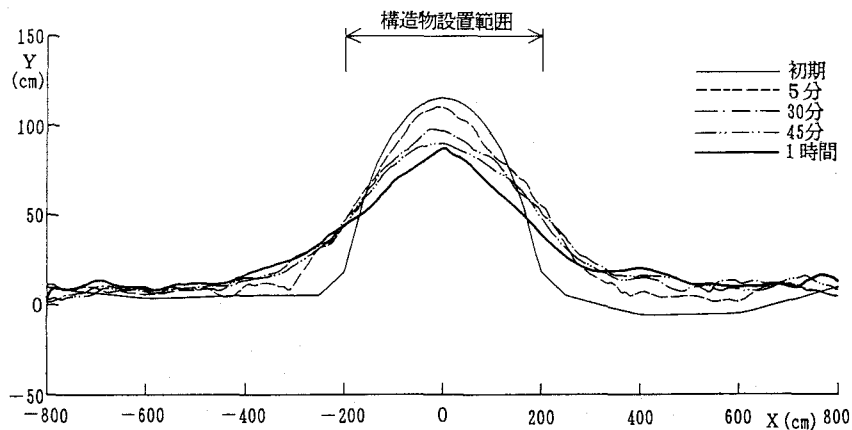


図-12 汀線変化図 (ケース③)

最後に、ケース④の汀線変化を図-13に示す。突堤に挟まれた区間内の汀線変化は、ケース③と同様な傾向を
示し、中央部で汀線が後退し、突堤の基部では汀線が前進した。 $x=0$ mの汀線の後退量は1時間後に約25cmとケ
ース③とはほぼ等しい。突堤の内側と外側の汀線形状とは不連続であり、この長さの突堤により沿岸漂砂のほとん
どが遮断されていることがわかる。以上のように、海域制御構造物の背後で養浜を行うのみでは前浜を広げるこ
とはできない。前浜を確保するには流出制御を行う適切な補助施設が必要となる。

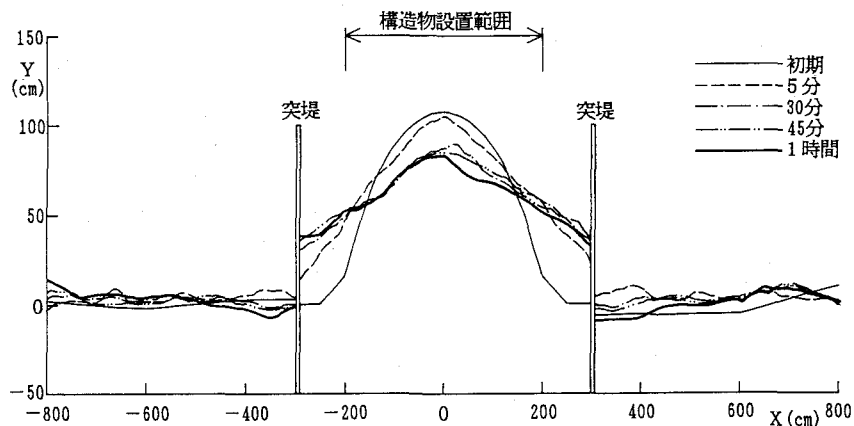


図-13 汀線変化図 (ケース④)

3.3 海浜断面形の比較

ケース②、③、④において、養浜区間の中央に位置する $x=0$ mの断面形状を図-14に示す。遮蔽物を持たないケース②では、1時間後の断面形に特徴的なように、水深13.5cm以浅で侵食が生じている。これに対し、ケース③では水深9cm以浅で地形変化が生じており、ケース②と比較して明らかに移動限界水深が小さい。遮蔽物の存在により、波が静穏となった結果、漂砂の移動限界が浅くなったことがわかる。したがって遮蔽構造物の背後では図-11、12に示したように汀線の後退速度が減少するとともに養浜部での侵食限界が浅くなる。最後にケース④では移動限界水深は約9cmであって、ケース③と同一であった。

4. 結論

海域制御構造物の背後に養浜した場合の海浜変形について移動床模型実験により検討した。この結果次の結論が得られた。

- ①堤長と離岸距離が同一で波長に対し約1.6倍の諸元を持った海域制御構造物を設置し、その背後に養浜を行った場合、構造物の存在しない場合に比較して養浜砂の流出速度は減少させることができたが、構造物背後に安定な広い前浜を確保することはできなかった。
- ②海域制御構造物を設置し、養浜を行わずに十分長い時間波を作用させて形成される舌状砂州より突出して養浜すると、波の作用の下で養浜砂は流出してしまう。このような場合、土砂の流出を防止するには補助施設が必要である。逆に、安定な舌状砂州形より岸側で養浜を行うのであれば土砂の流出は生じない。したがって海域制御構造物の規模、構造ごとに定まる安定な舌状砂州形状をあらかじめ調べておく必要がある。
- ③海域制御構造物の端部の外側に突堤を設置すれば養浜砂の流出は防ぐことができる。

参考文献

- 1) 建設省土木研究所海岸研究室：海域制御構造物の開発に関する共同研究報告書(1)～(3)，土木研究所資料，第2454号，第2510号，第2511号，1987。
- 2) 建設省土木研究所海岸研究室：海域制御構造物の開発に関する共同研究報告書(4)～(7)，土木研究所資料，第2577号，第2609号，第2658号，第2661号，1988。
- 3) 宇多高明・古川博一・筒井保博：離岸堤模型実験報告書，土木研究所資料，第2219号，115p.，1985。

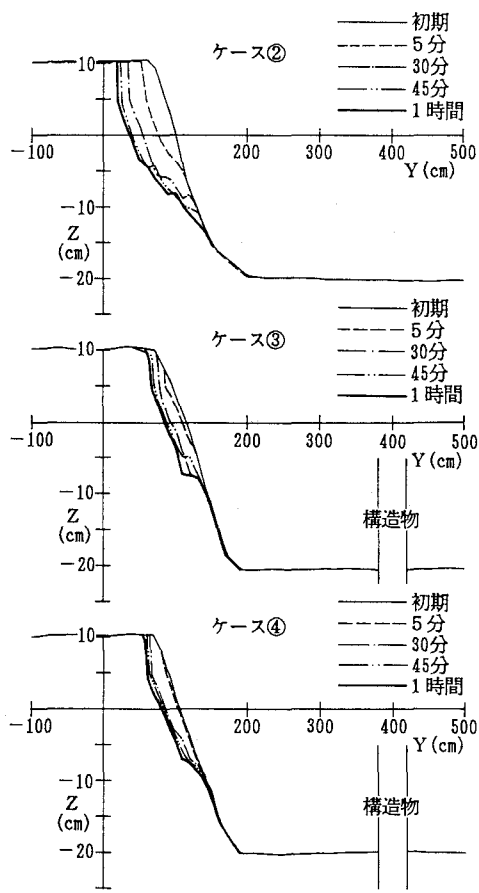


図-14 ケース②、③、④の断面変化図
($x=0$ m断面)