

土木研究所資料

青森海岸今津工区消波工模型実験報告書

昭和 54 年 12 月

建設省土木研究所
河川部海岸研究室

青森海岸今津工区消波工模型実験報告書

河川部 海岸研究室長 橋 本 宏

目 次

ま え が き	1
第 1 章 青森海岸の概要	2
第 2 章 実験目的	5
第 3 章 固定床実験	7
3.1 実験方法	7
3.2 実験条件	8
3.3 実験結果	9
第 4 章 移動床実験	30
4.1 概要	30
4.2 相似率	30
4.3 予備実験	31
4.4 実験方法	47
4.5 実験条件	47
4.6 実験結果	49
4.7 現地への適用	66
第 5 章 結 論	72
あ と が き	74
消波効果についての補足実験	75

ま え が き

青森海岸は本州の北端 津軽半島の東側に位置し、陸奥湾に面する。この海岸では侵食および越波防止のために海岸堤防と消波工が設けられてきた。北側に位置する平館村の今津工区においても消波工の設置が行なわれているが、海浜が船揚場としても利用されているために、それをそこなわない消波工を計画することが望ましい。本模型実験は東北地方建設局青森工事事務所からの依頼によって、青森海岸今津工区における消波工の越波防止効果、安定性、構造物周辺の海底地形変化について検討を行なったものである。

昭和52年度においては、主として消波効果について固定床水理模型実験によって検討を行ない、昭和53年度においては移動床水理模型実験によって、消波工周辺の海底地形変化について調べた。今年度においては一部補足実験を行なうとともに成果を取りまとめた。

第1章 青森海岸の概要

本州の北端に位置する青森県には東西二本の半島が北に向って伸びており、東側は下北半島、西側は津軽半島と呼ばれ、これらの半島にかこまれて陸奥湾が位置している。津軽半島の西側は岩木川が貫流し、広大な津軽平野を形成しているが、一方東側は無数の小河川が東へ流れ、陸奥湾にそそいでいる。津軽半島の東側に位置し、陸奥湾に面する海岸を青森海岸と呼び、北から平館村、蟹田町、逢田村、青森市に属している。図-1に示すように蟹田村を境に南側は比較的広い耕地を持つ半農半漁の村落が国道と鉄道に沿って密集し、北側は海岸に山がせまり狭い土地に沿岸漁業の人家が点存し耕地はほとんどなく、海岸線は礫、玉石からなっている。本実験の対象である今津工区は図-1に示すように青森海岸の北側に位置している。

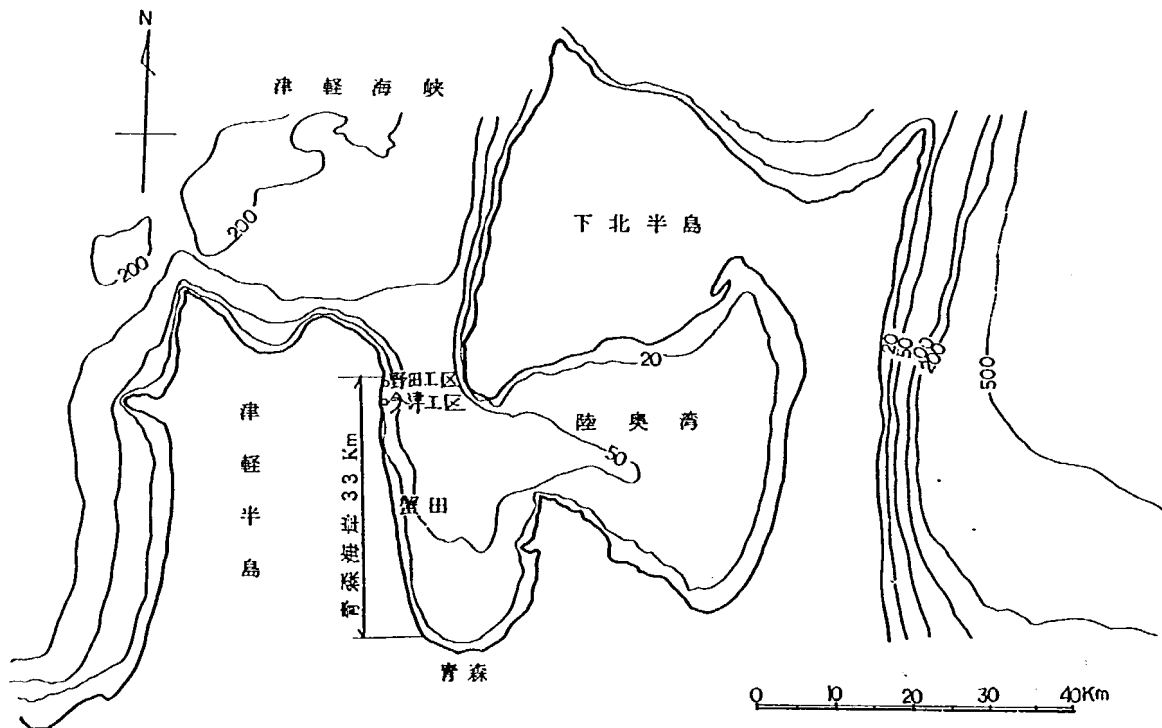


図-1 青森海岸位置図

海象については、西田沢および平館において波浪観測が行なわれている。波高および周期の頻度分布は図-2に示すように波高 1.0 m 以上が 5 %、0.5 m 以下が 70 % となり、周期については 7 sec 以上が 10 %、3 sec 以下が 78 % となっている。青森海岸の北側に位置する平館と南側に位置する西田沢を比較すると、平館での波高 1.0 m 以上の頻度が多くなっており、北側では波高が大きいことを示している。波向については、ほぼ中央の郷沢で観測した結果によれば東からの波が 82 %、東南東が 13 % となっており、海岸に直角に入射する波の頻度が多い。

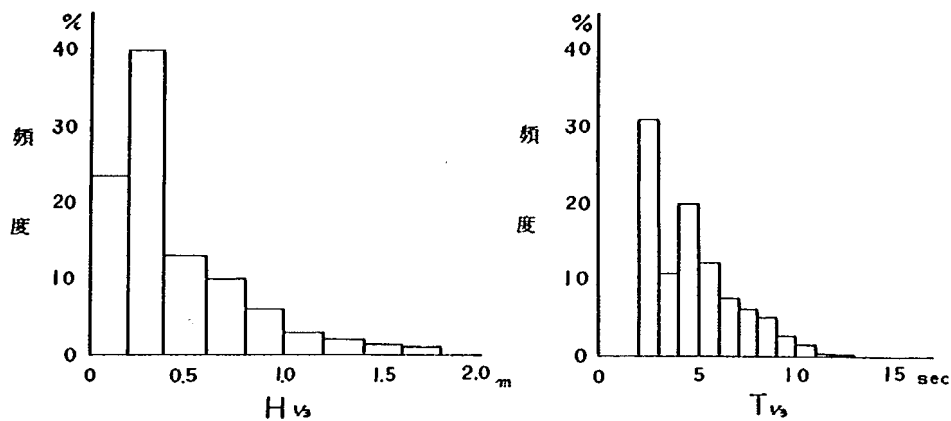


図-2 波高及周期の頻度分布

青森海岸は昭和36年に直轄の海岸調査区域に指定され、翌年海岸工事施工区域に指定された。工事としては海岸堤防を主体として、突堤、離岸堤、消波工の建設が行なわれている。計画諸元は表-1に示すように蟹田町によって北と南に分けられ、諸元が少し異なっている。海岸堤防の高さはうちあげ高によって決められているが越波等の問題があり、堤防前面には図-3に示すように消波工が計画されている。

実験の対象とした今津工区における底質は粒度分析の結果図-4に示すような中央粒径の分布をしており、平均的には0.35mmの砂からなっているが汀線付近では粗く1.3mmであり、また場所によっては1mm程度の砂からなる場所が点在している。

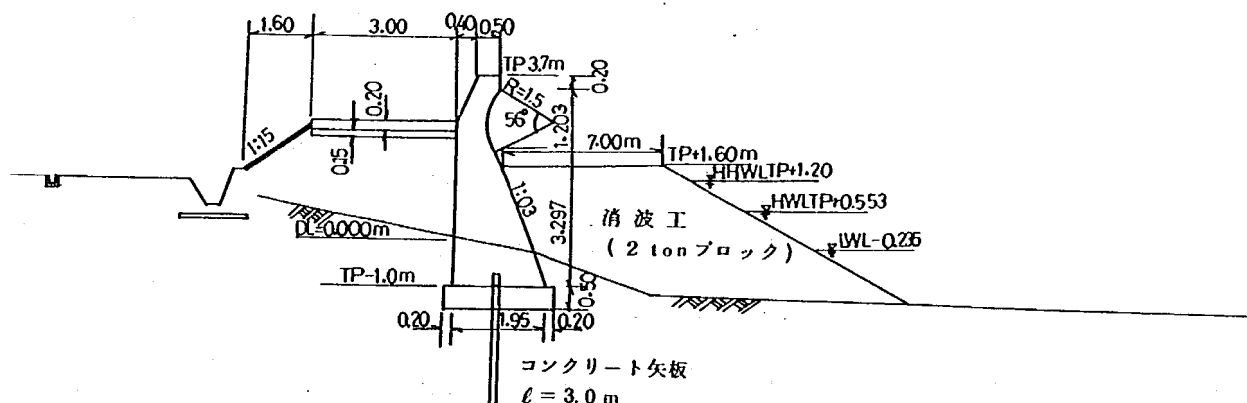


図-3 海岸堤防標準断面図

表-1 計画諸元

項目	蟹田町以南	蟹田町以北
計画風		
平均風速	15.0m/sec	16.6m/sec
主風向	NE	ESE
吹送時間	2.7hr	3.7hr
吹送距離	45km	53km
計画波浪		
計画波高	2.70m	2.40m
周期	6.5sec	6.5sec
深海波波長	65.9m	65.9m
波形勾配	0.041	0.036
計画潮位		
朔望平均満潮位	T.P. + 0.606m	
既往最大偏差	0.55m (昭和37年1月2日)	
最大潮位	T.P. + 0.910m (昭和37年8月4日)	
計画潮位	T.P. + 1.2m	
堤防高		
堤脚水深	1.5m	1.65m
うちあげ高	2.16m	2.33m
堤防天端高	T.P. + 3.50m	T.P. + 3.70m
自然条件		
海底勾配	1/60~1/80	1/20~1/50
底質	砂	礫, 玉石, 岩礁

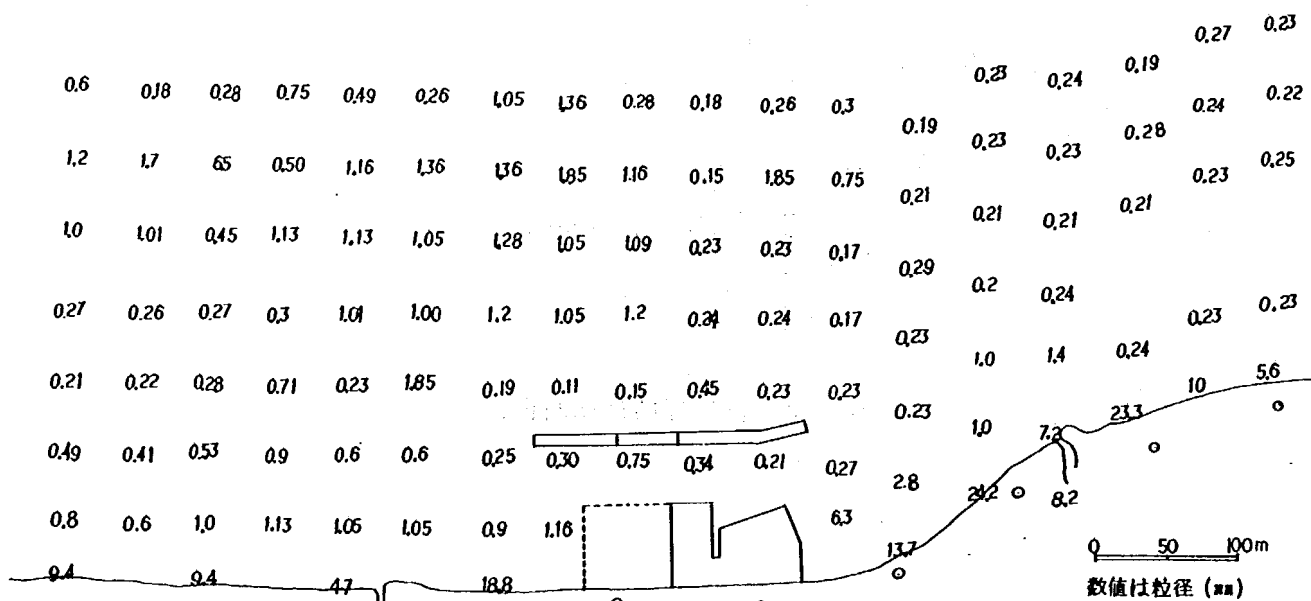


図-4 中央粒径分布図

第2章 実験目的

今津工区は青森海岸の北側に位置し、山が海岸までせまっており、海岸に沿って県道が走っている。海浜は漁船の船揚場として利用されていたために、消波工としては、海岸の利用も考えた離岸堤方式が計画された。また消波工と海岸の間には図-5.に示すように物揚場および船揚場が設けられている。

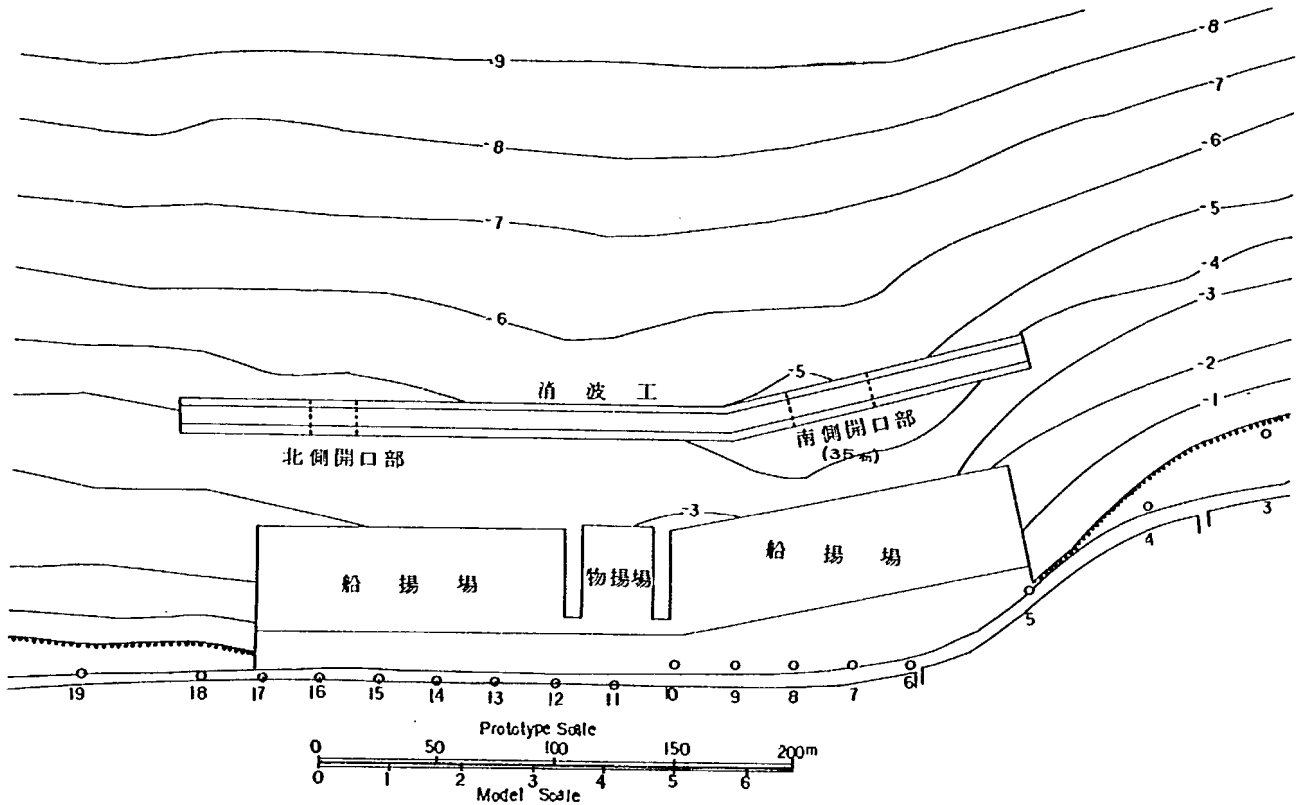


図-5 消波工配置図

消波工は図-6に示すように3層4列の8 tonの六脚ブロックで造られ、離岸距離約80 m、天端高T.P. + 2.0 mである。消波工の背後を船揚場として使用する計画があるために開口部設ける案についても検討した。実験の目的としてはまず、消波工の消波効果がどの程度であるか、開口部を設けた場合の開口部からの侵入波はどの程度か、堤防への波のうちあげ高はいくらになるかなど、

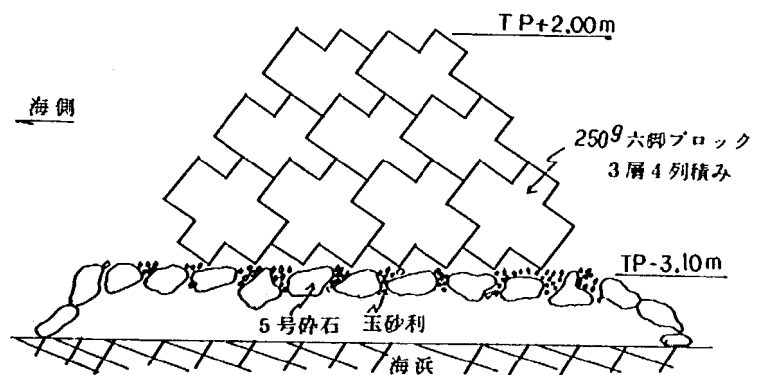


図-6 消波工構造図

消波工の機能についての問題がある。次に構造上の安定性に関連して波によって六脚ブロックが散乱を生じないか、また消波工の沈下やその周辺の洗掘を生じないかなどの問題があげられる。また海浜の利用の面からは消波工背後の静穏度や砂の堆積などの問題があろう。したがってここでは消波工を設けた場合の消波効果、堤防への波のうちあげ、消波工の安定性などについては固定床の水理模型実験によって検討を行なうこととした。また消波工による海底地形変化やその周辺の洗掘に関しては移動床の水理模型実験によって検討した。

第3章 固定床実験

3.1 実験方法

模型実験では実際の現象と模型で生じている現象が相似でなければならない。実物と模型の相似性に関しては、ここで対象としている波浪現象においては、重力と慣性力が支配的であるためにフルードの相似則に従うとしてよい。ただブロックによるエネルギー損失や流れについては水の粘性が関係している可能性もあり、このような場合にはレイノルズ数を相似にする必要がある。しかしフルードとレイノルズの相似則を同時に満足させることは通常では困難であるので、レイノルズ数の影響をできるだけ少なくするように試みる。この実験では消波効果に影響が生じる可能性があるために、できるだけ大きなブロックを使用した。

フルードの相似則によれば、長さの縮尺を S とすると時間や重量の縮尺は表-2のように表わされる。模型の縮尺は相似性、模型実験の対象範囲、利用できる施設の規模、測定精度等を考慮して決定しなければならない。この場合は対象とする実験範囲を消波工の延長よりも広く、模型での周期をなるべく長くすることを考え、長さに関する縮尺を $1/30$ とした。この場合の時間や重量に関する縮尺は表-2に示したようになる。

固定床の模型実験においては消波効果について主として検討を行なうのであるから現地の消波工模型を作成し、それに波を作用させて波高分布、うちあげ高、流況、構造物の安定性等についての測定した。実験施設としては図-7に示すように幅 28.2 m 、長さ 25 m の水槽内の一端に今津工区の海浜模型を作成し、他端に幅 7.0 m の造波機を2連設置した。また水を給水するためのポンプが設けられている。造波機によって起こされた波は導波板に導びかれて海岸に近づきうち上げる。海岸の近くでは堤防等による反射波があるために導波板の代りに一部消波装置を設けている。海岸に来襲する波向は一方向ではないために、ここでは造波機を移動して各方向からの波を発生させた。

表-2 模型縮尺

物理量	模型縮尺	
長さ、高さ	$1/S$	$1/30$
波高	$1/S$	$1/30$
周期	$1/\sqrt{S}$	$1/5.48$
時間	$1/\sqrt{S}$	$1/5.48$
重量	$1/S^3$	$1/27,000$

測定項目としては波高、うちあげ高、平均水位、流況、拡散状況である。波高は入射波の検証、消波工の効果の検討のために測定した。平均水位および流況については、底質が流れとともに移動するために、後で行なう移動床実験の参考資料として測定した。

測定方法としては、入射波高については、階段抵抗式波高計3台を使用し、波が海岸に直角に入射する場合は造波板から 5 m 岸側、斜めに入射する場合は造波板から 3 m 岸側の測線

に沿って等間隔に設置し測定した。記録はペン書きオシロレコーダーに、造波中は連続して記録した。入射波は水平床部で、海底地盤高T.P. - 12.0 mの地点で測定している。

構造物周辺での波高分布については容量式波高計9台を使用し、80点について波高計を移動して測定した。測定は造波してから40～50波の記録を取り、その中の15波目から25波目の平均値を求めた。なお造波機は波高計の移動するごとに、反射波の影響が入らないよう新たに運転している。

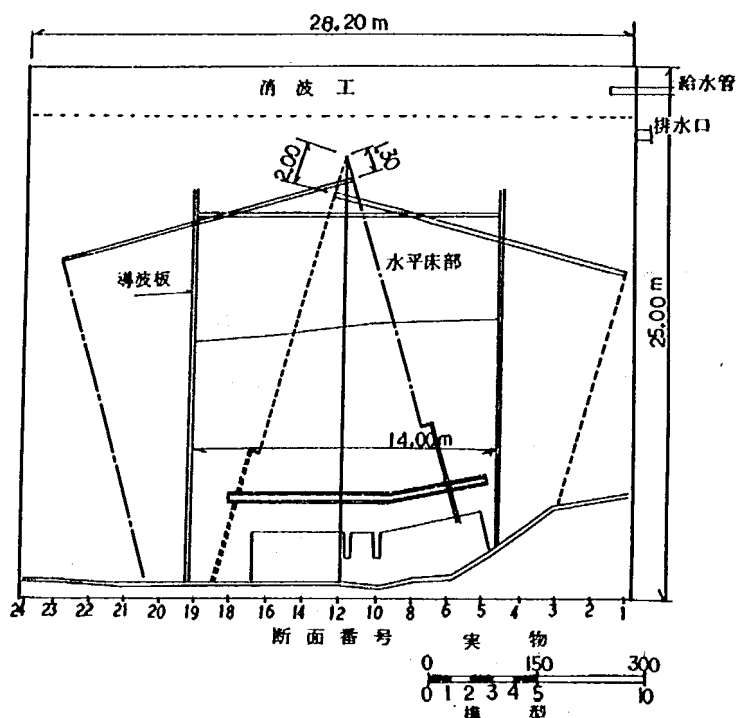


図-7 実験水槽

うちあげ高については斜面を形成している船揚場については、0.1 m間隔であらかじめつけた目盛を利用し、目視によって読み取った。堤防等のように直立壁に近い場合には容量式波高計によって測定した。

平均水位については、ピトー管の静圧部を利用し、圧力をビニールホースでマンオメーターまで導き測定した。

流況については水槽の両端に直径約5 cm、高さ9 mの鉄パイプを立て、これにロープを張り滑車にモータードライブカメラを取付けたものを吊し、写真撮影によって調べた。波を造波した後、赤、青、黄、白の四色に着色した直径約3 cmのフロートを50個投入し、移動状況をカメラで撮影した。撮影間隔は周期の4倍をとった。なおカメラの高さは水面上6.3 mの高さにあり。撮影範囲は実物で200 mであるために2回に分割し撮影している。

染料の拡散状況も流況と同時に調べた。これは約800 ppmのフルオレセソナトリウム溶液を、1ヶ所20 ccごとに4～5点に投入し、その拡散状況を撮影した。フロートおよび染料の位置については海底に実物で50 m間隔で設けた位置を示す印をもとに調べた。

3.2 実験条件

消波工の効果について検討する場合に、どのような条件で検討すべきかについては具体的な実験目的によって支配されている。まず海岸堤防や船揚場への波のうちあげ高については、前面水深が深い場合には、波高が大きく周期が長いほど高くなるという特性を有している。また消波工の消波効果についても、入射波高が大きく、周期が長いほど消波工透過後の波高は大きくなる。したがって堤防等へのうちあげ高について検討を行なう場合については、計

画波浪について調べればよいと考えられる。また潮位についても潮位が高いほど条件が悪くなると考えられるので計画高潮位の条件で実験を行なえばよい。波向に関しては一様な海岸では直角に入射する場合にうちあげ高が最大となるが、この実験では消波工が全線にわたって設けられておらず、また開口部もあるために波向を変化させて実験する必要があると考えられた。したがって波向については直角に入射する場合と南側および北側から入射する場合について実験を行なった。消波工の背後は船揚場としても利用されるために、ある程度高い波が来襲する場合の波浪状況も調べておく必要があろう。ここでは潮位を計画潮位から下げて朔望平均満潮位とし、波浪については計画波浪として実験を行なった。

構造物の配置および諸元については、この実験が消波工の効果とともに開口部の影響についても検討することを目的としているために連続した消波工と開口部を設けた場合について実験を行なった。消波工の構造については模型で250gの六脚ブロックを図-6に示すように3層4列に積んだ。また下部には碎石を敷いている。実物では8tonブロックを使用しており、これを模型に換算すると296gになるが、多量の六脚ブロックを短期間で製作することが困難であったので、250gのブロックを使用した。消波効果については大きな差異はないと考えられる。船揚場および物揚場については計画条件で製作している。

以上の実験条件を取りまとめると表-3および図-8のようになる。

表3 実験条件(固定床)

項目 ケース	波高 H_o		周期 T		潮 位		波向	構造物等
	実物	模型	実物	模型	実物	模型		
1	2.4 ^m	8.0 ^{cm}	6.5 ^{sec}	1.19 ^{sec}	T.P. +1.2 ^m	T.P. +4.0 ^{cm}	直角	南側開口部1ヶ所
2	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	連続消波工
3	〃	〃	〃	〃	〃	〃	南15°	〃
4	〃	〃	〃	〃	〃	〃	北15°	〃
5	〃	〃	〃	〃	T.P. +0.6 ^m	T.P. +2.0 ^{cm}	直角	南側開口部1ヶ所
6	〃	〃	〃	〃	〃	〃	南15°	〃

3.3 実験結果

3.3.1 ケース1

消波工の南側に幅3.5mの開口部を設けた場合に、計画潮位および計画波浪条件のもとで波が直角に入射する場合について消波効果、うちあげ高、開口部の影響について調べたものである。

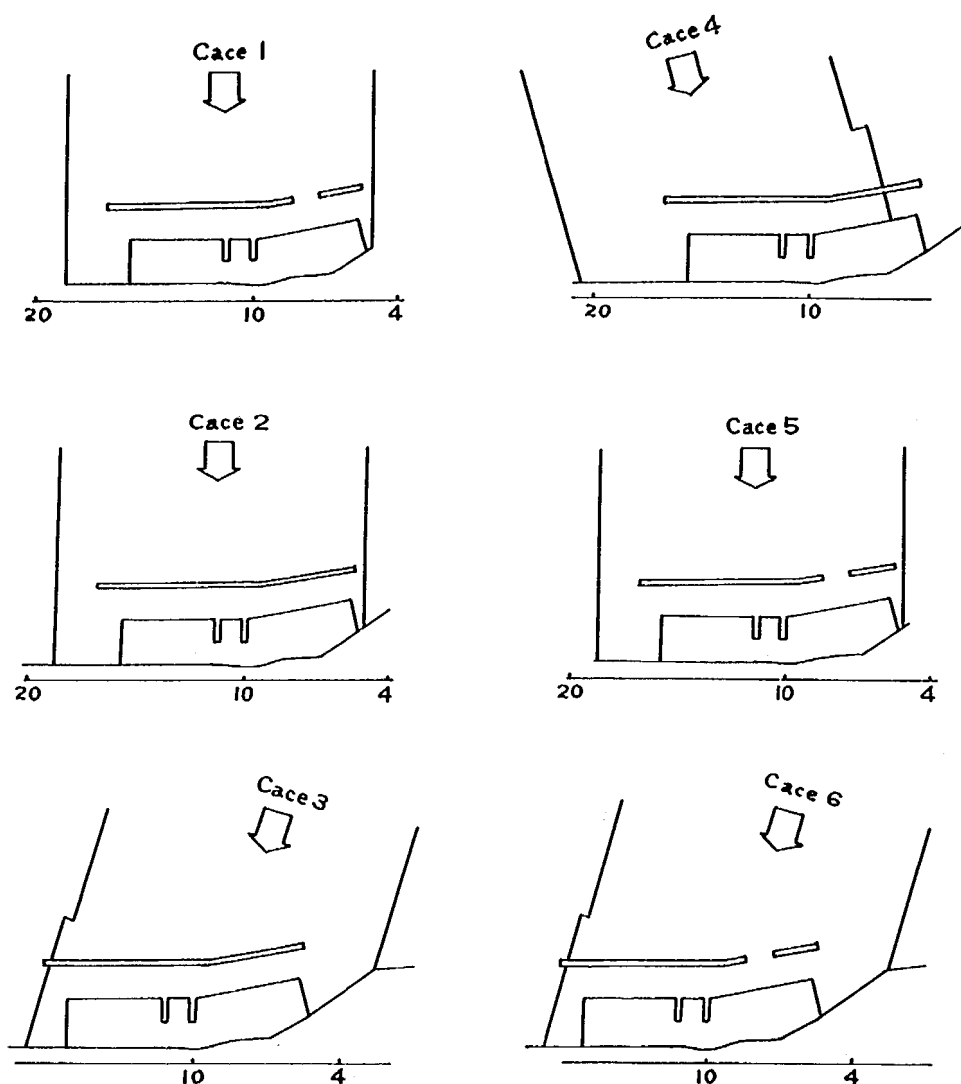


図-8 構造物配置図(固定床)

海岸に入射した波は北側の消波工の天端をほぼ同時に越波し、越波にともない碎波を生じるために波高が減衰する。開口部については回折波が生じ、消波工の背後にまわり込む波がある。消波工からの反射波についてはあまり明確でないが、消波工の沖側での波高測定の結果では一様でなく変動しており、反射波が生じているものと考えられた。消波工周辺での波高分布を図-9に示すが、開口部および消波工のない場所では、波高が減衰せずに、入射波高とほぼ同じ2～2.5mになっている。一方消波工の岸側では減衰し変動はあるものの1～1.5mに減衰している。物揚場の前面およびその周囲の船付場においては直立壁で構成されているために重複波が生じている。

堤防へのうちあげ高については、平均値および最大値に分け、図-10に示すが、消波工の背後では低く、最大うちあげ高でも計画堤防高のT.P.3.7mを越えずT.P.2.6mまでうちあげている。また開口部および消波工のない場所ではT.P.2.8mまでうちあげており、この

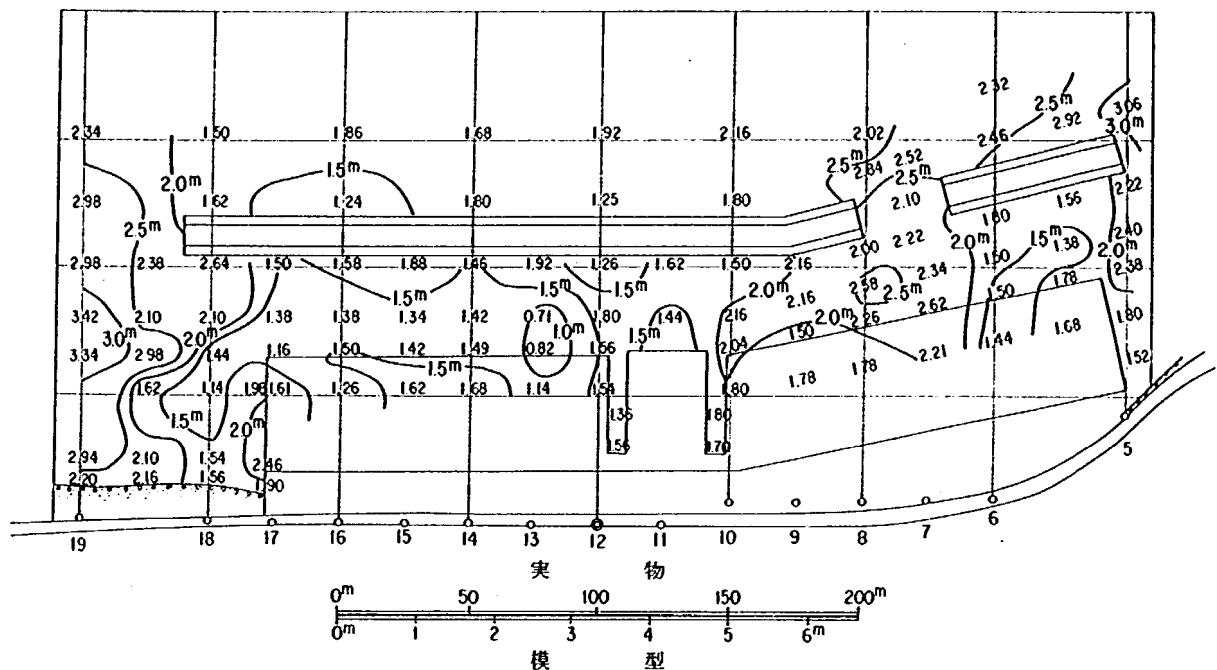


図-9 波高分布(ケース1)

場合でも計画堤防高より低くなっている。うちあげ高は消波工の消波効果と船揚場の勾配の緩い斜路のために低下しており、開口部においても回折効果と斜路のためにうちあげ高はあまり高くなっていない。

開口部から少し南に寄った測点No.6においては回折波と消波工を通過してきた波の位相がほぼ逆になっているためにうちあげ高は低くなっている。そのさらに南側の測点No.5.5でうちあげ高が高くなっているのは反対に位相が一致しているために生じている可能性がある。消波工のない北側の測点No.17～19については測定したうちあげ高はT・P・2.8mであるが、直立壁に近いためにしぶきがかなり高くまであがっていた。物揚場の天端高はT・P・1.5mであるためにここでは波がうちあげている。

平均水位については、波高の変化に伴って運動量に変化を生じそれが圧力差と釣合うために、波高が減衰すると平均水位は上昇する。平均水位の分布を図-11に示すが、消波工の背後では水位上昇は正となっている。開口部と消波工のない場所では平均水位は低下しており、これは波高の増加ばかりでなく、流れとの相互作用にもよっていると考えられる。

流況については図-12にフロートの軌跡を示すが、全体の流況としては消波工の部分で岸向きのゆっくりした流れがあり、一方開口部および消波工のない場所では沖へ向う早い流れがあり流速は0.5 m/secになっている。また消波工の端部では循環する流れがあり、端に近いほど消波工を通過する岸向きの流れが大きくなっていると推定される。消波工の沖側では消波工に向う流れがあるが、北向きの成分を有している。消波工の背後については流況は明確な特性を示していない。北側の消波がない場所では消波工の端付近を中心とする時計方

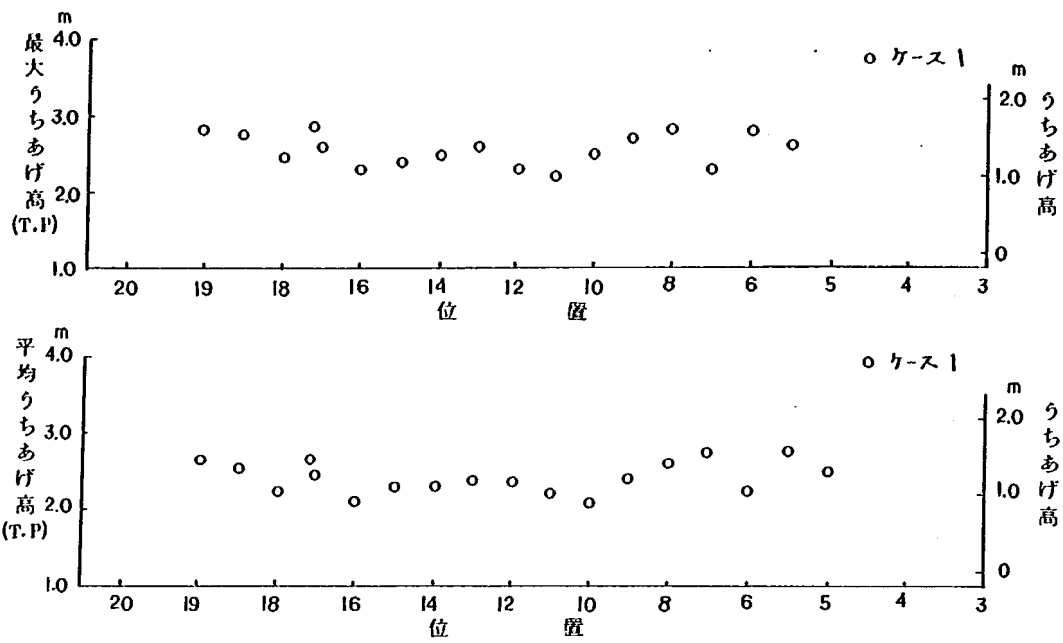


図-10-1 うちあげ高の分布

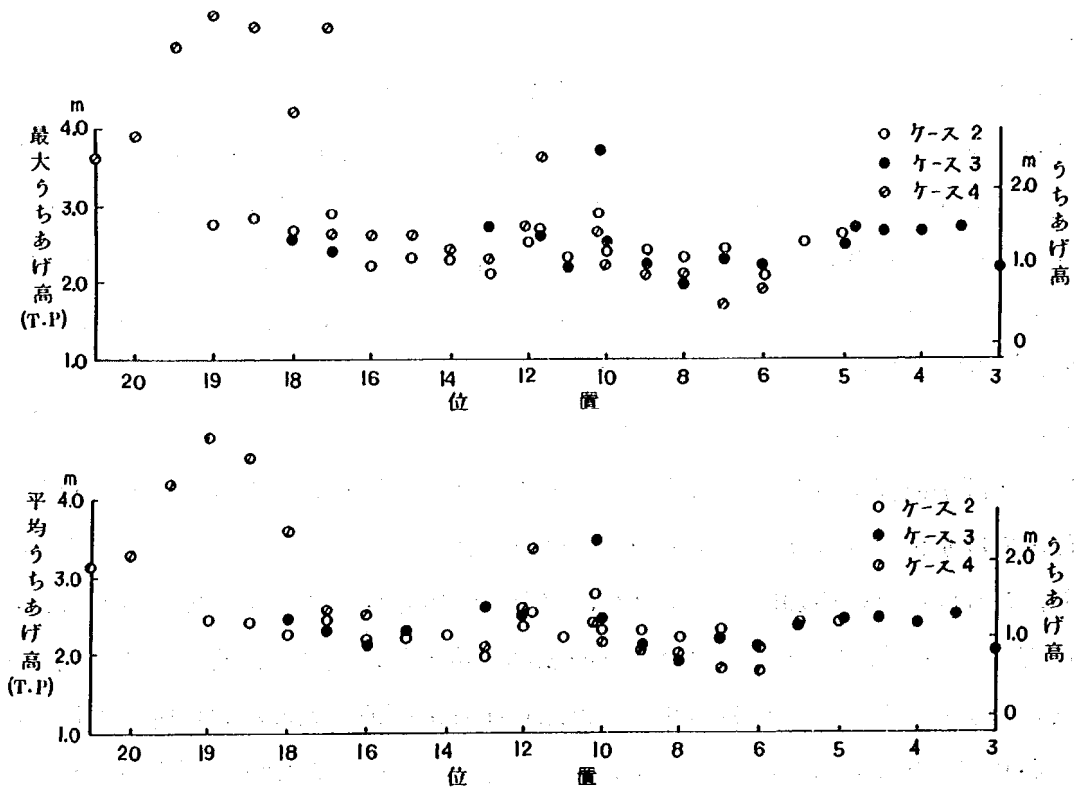


図-10-2 うちあげ高の分布

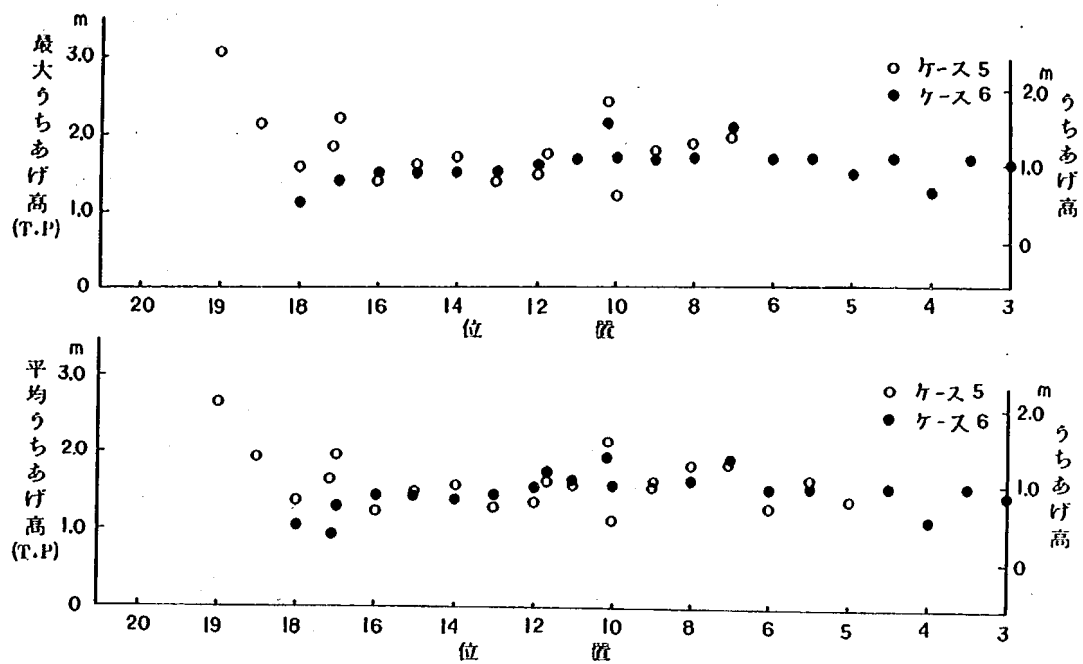


図-10-3 うちあげ高の分布

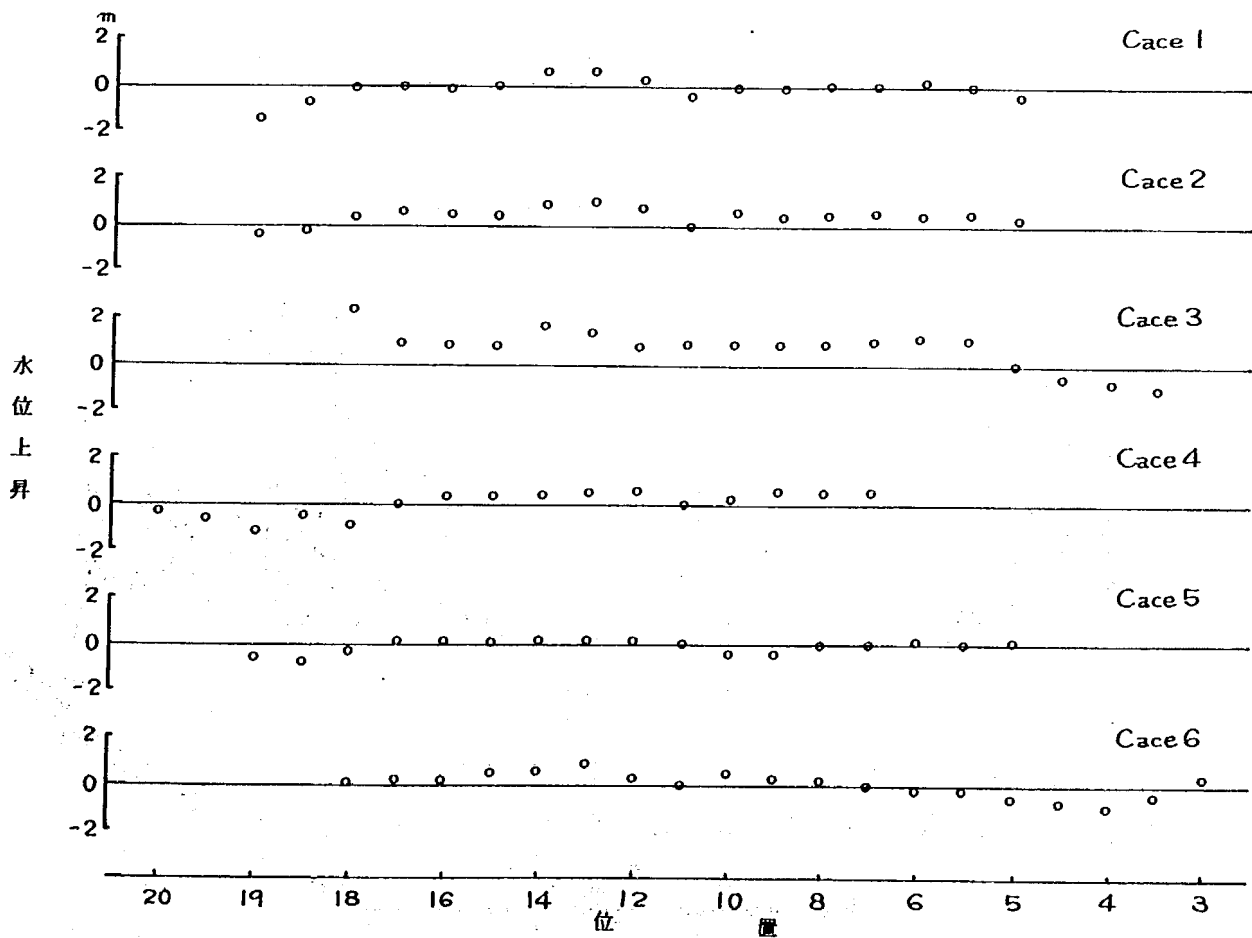


図-11 平均水位の分布

向の循環流と、その岸側の船揚場と側壁にかこまれた場所では反時計方向の循環流が生じている。

染料の移流拡散状況を図-13に示すがこの図から流況をみるとフロートによる流況と同じ特性を有しているが、消波工の背後では模型中央のNo.11, 12付近を境界として、それよ

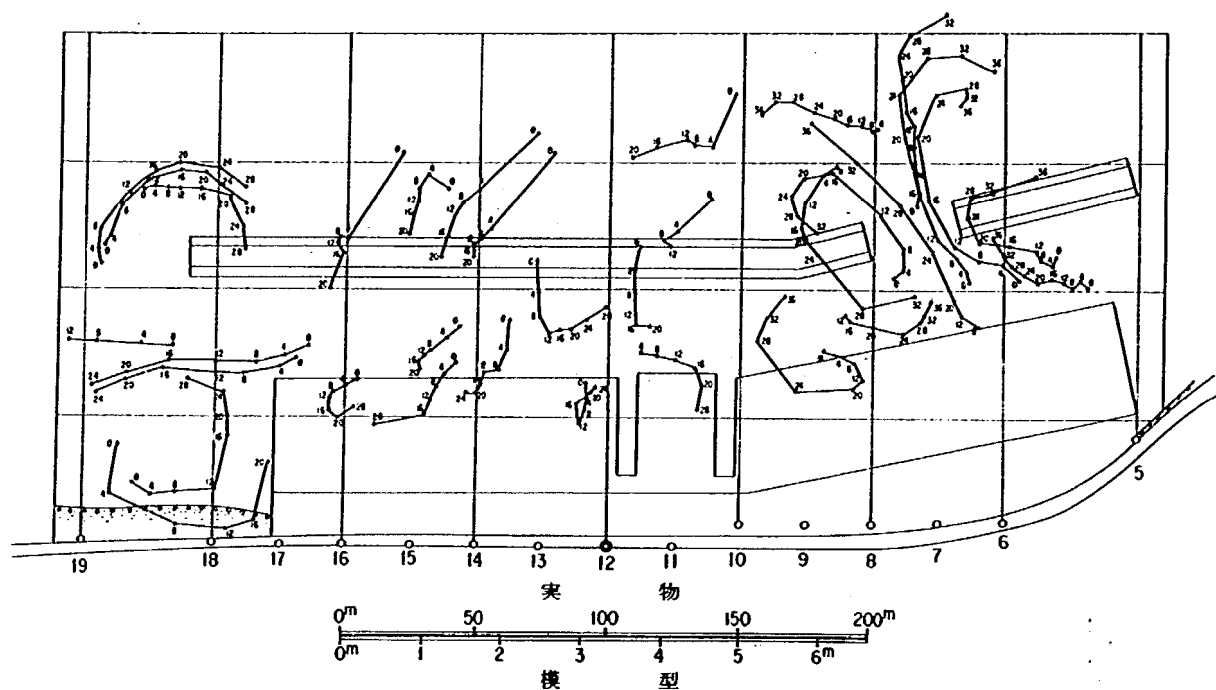


図-12 流況図(ケース1)

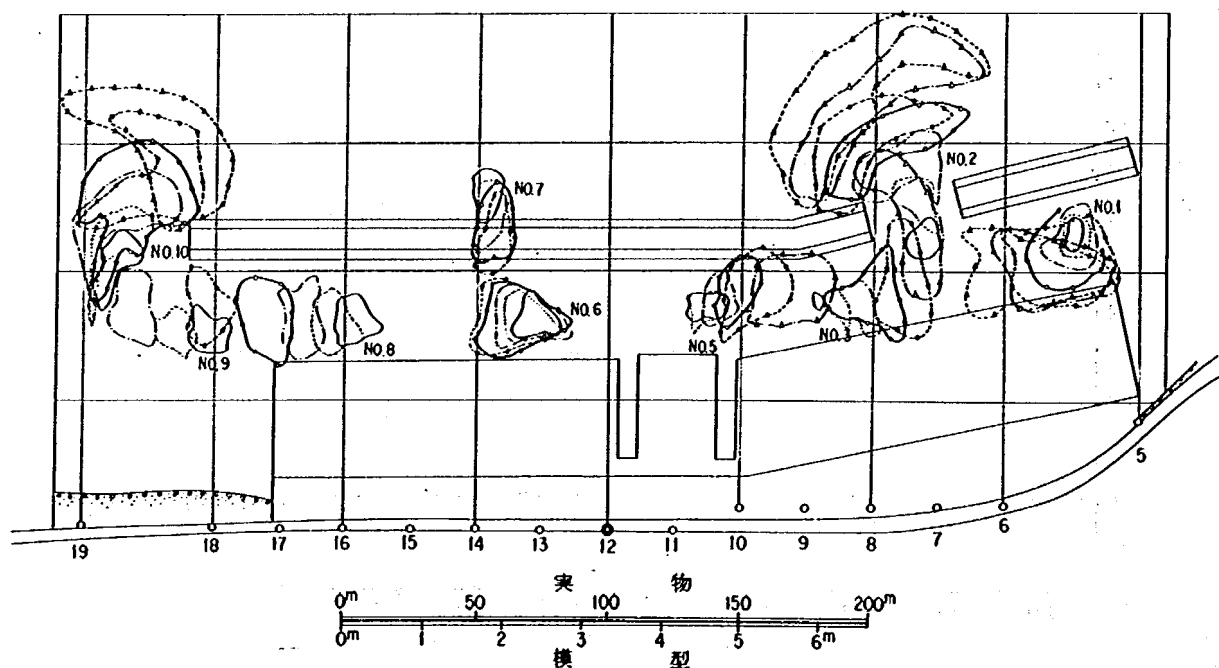


図-13 染料拡散状況(ケース1)

り南は南の開口部へ、北は北の消波工のない場所へ向う流れが明らかに表われている。またこれらの流れは中央部付近は遅く、消波工の端部に近づくにつれて早くなっている。開口部から沖へ出た染料は端部での循環流によって沖へ徐々に移動するとともに横方向にも拡ろがっている。

拡散状況については、消波工の沖側および背後においてあまり拡散せず、開口部においては拡ろがっている。これは乱れによるよりは流れによって移動している現象が表われているものと考えられる。

3.3.2 ケース 2

消波工に開口部を設けずに、総延長 364 m の消波工を設置し、波が直角に入射する場合の効果について検討を行なった。

海岸に入射する波はケース 1 と同様に消波工を越波し消波工の背後まで侵入し船揚場にうちあげる。ただ消波工が連続しているために、その背後の波高は図-14 に示すように一様に減衰し 1 ~ 1.5 m になっている。また物揚場周辺での重複波の形成はケース 1 と同じである。うちあげ高については図-10 に示すように消波工の背後では最大で T.P. 2.4 m までうちあげているが、物揚場両側の船付場においては壁面が直立面になっているために部分的に高くなっており T.P. 2.9 m までうちあげている。また物揚場の上にも波はうちあがっていた。消波工のない北側の海岸ではうちあげ高は高く、T.P. 2.9 m までうちあがっているが、しぶきについてはこれ以上となっていた。

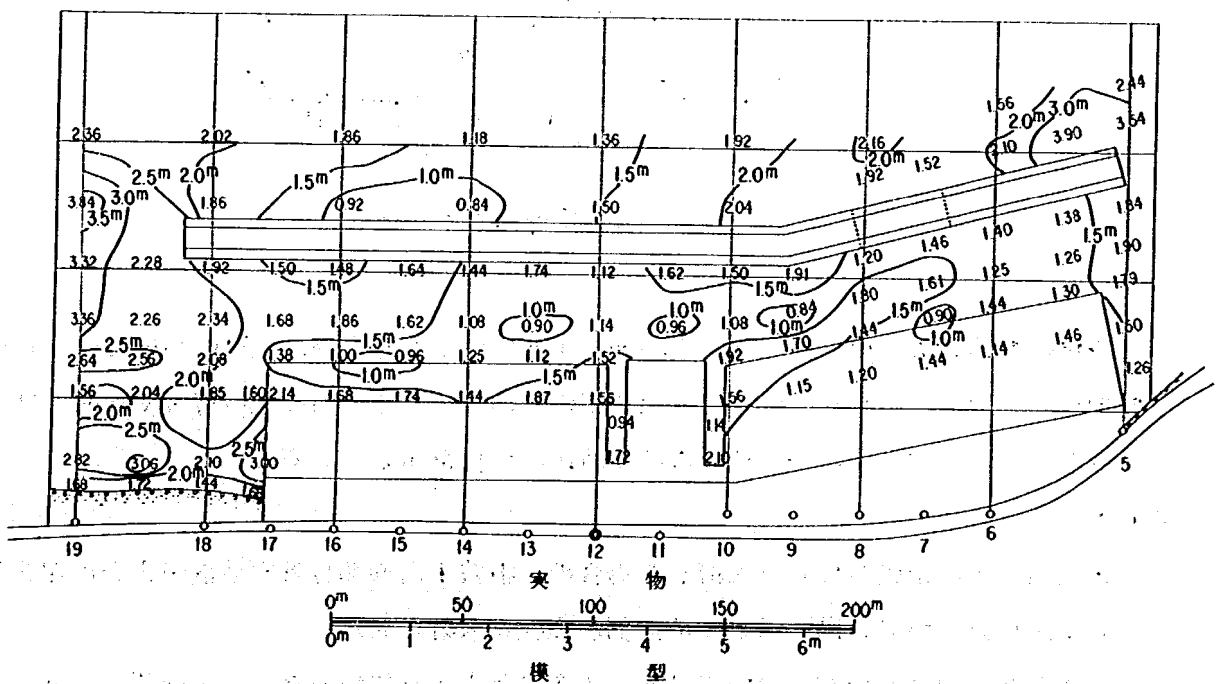


図-14 波高分布(ケース2)

平均水位についてはほぼ全域にわたって消波工があるために、消波工の背後では波高の減衰によって平均水位が上昇している。その上昇量は図-11に示すように5 cm程度である。

流況については図-15にフロートの軌跡を示すが沖から消波工を越えて岸向きに流れる向岸流と消波工の背後を北向きに流れる流れが存在している。これらはいずれも流速は大きくない。消波工の北端部においては時計方向に循環する流れが生じており、これが最もいちじるしく流速が大きい。消波工の背後の流れが北に向っているのは、側壁と消波工の間隔が南側ではせまく、北側では広がっている実験上の制約のためと、波の入射方向に対し消波工の南側がある傾きを持っているためと考えられる。

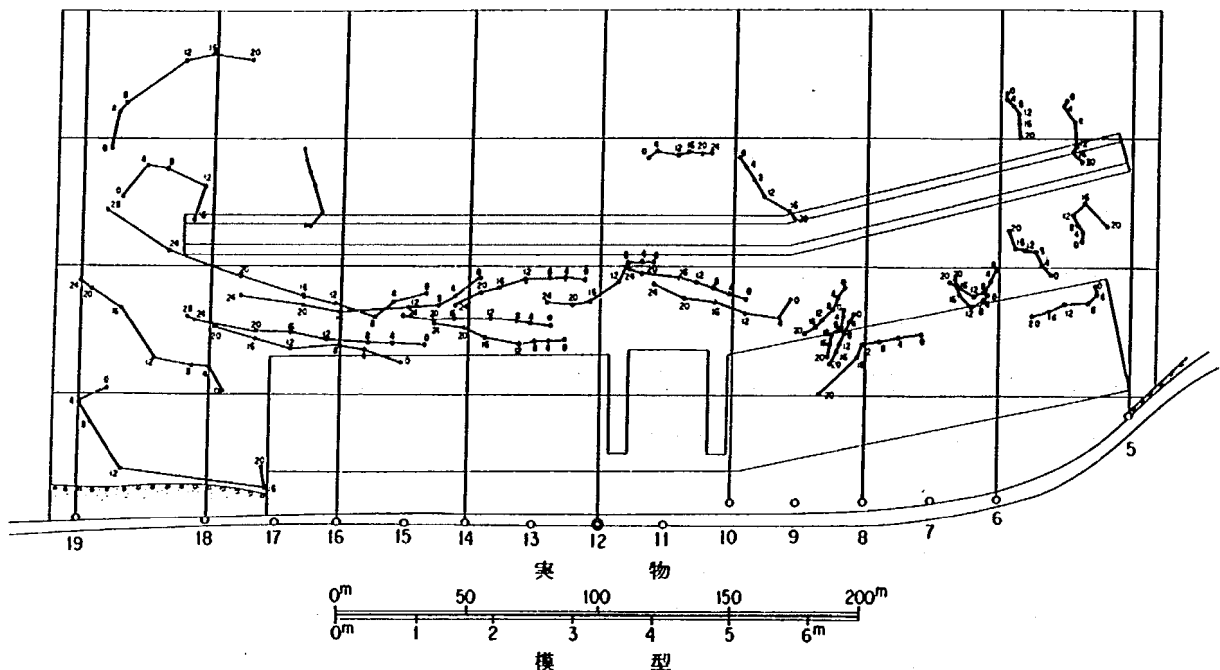


図-15 流況図(ケース2)

染料の移流拡散状況を調べた結果が図-16に示してあるが、流況についてはフロートの移動と同じである。拡散については消波工の沖側で小さく、消波工の背後や端部では大きくなっている。なお、流況図、拡散図は4波毎の位置を示している。

3.3.3 ケース3

連続消波工に南側から波が入射した場合の、消波工南端部付近の波浪および流況を調べるために海岸線の鉛直方向に対し15°南側から波を入射させた。

消波工背後の波高分布については図-17に示すように他のケースと同様に1.0～1.5 m

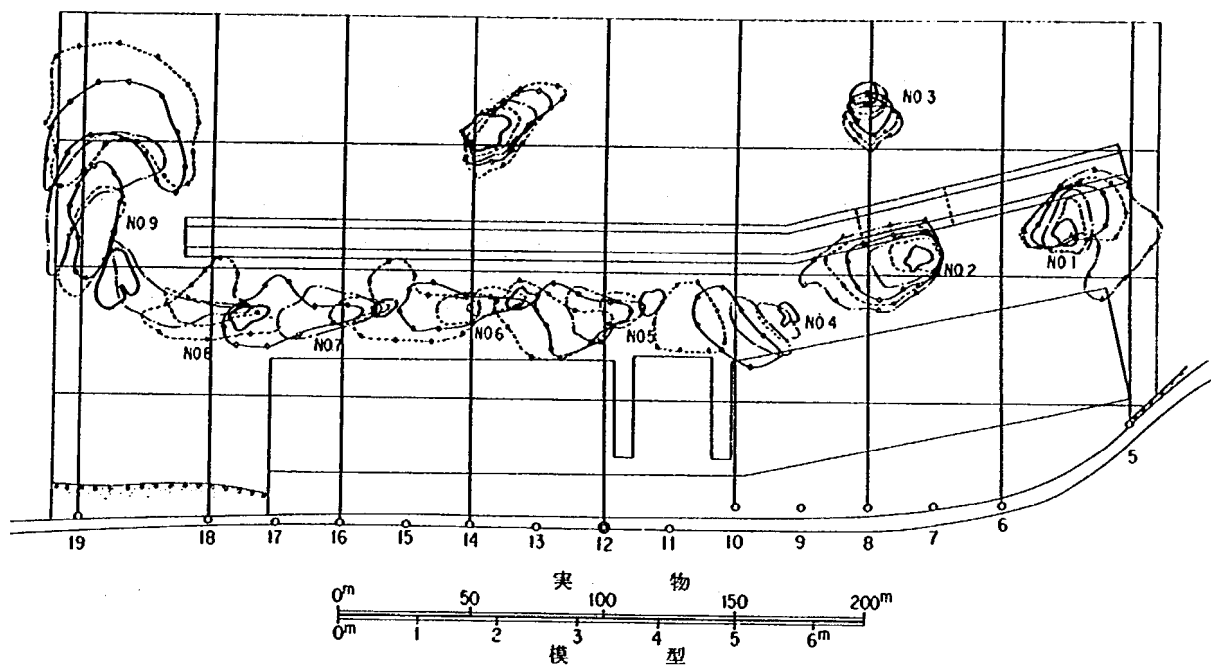


図-16 染料拡散状況(ケース2)

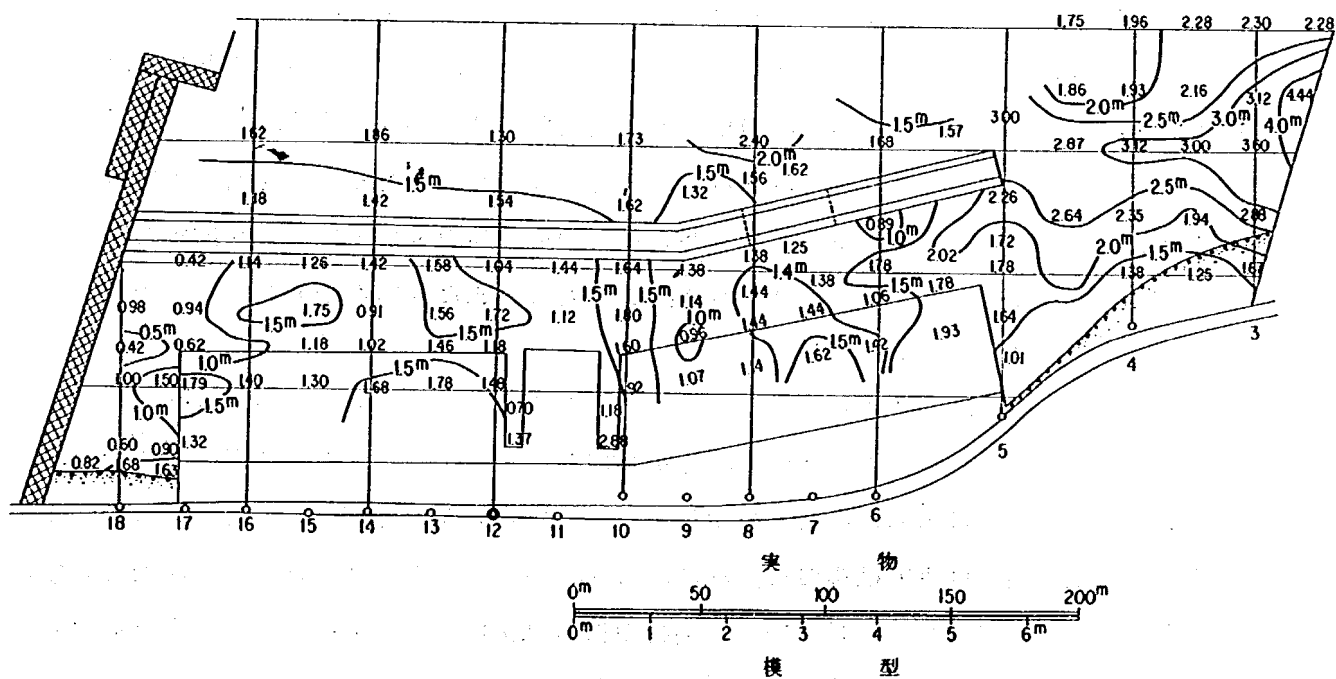


図-17 波高分布(ケース3)

の範囲となっているが場所によって変化している。消波工に斜めに波が入射すると反射波を生じ、消波工の沖側では格子状に波面が変化するのが見られた。

うちあげ高については、消波工の背後では T.P. 2.0 m から T.P. 2.7 m に変化し、南側の消波工のない場所では T.P. 2.7 m までうちあがっている。消波工の背後でうちあげ高が変化しているのは、波が消波工上で屈折し測点 № 1 3 付近に集中したためと考えられる。これに対応し № 8 付近においては波の集中がなくうちあげ高は低くなっている。消波工が № 9 の位置で屈曲しているために、波の集中する場所と発散する場所が生じたと考えられる。物揚場へのうちあげおよびその両側の船付場の岸側でのうちあげは他のケースと同様に高くなっている。特に南側の船付場でのうちあげ高は T.P. 3.7 m である。

平均水位については図-11 に示すように消波工の背後ではほぼ一様に水位が上昇している。

流況については、海岸に対して斜めに波が入射しているために北向きの沿岸流を生じている。図-18 に示すように特に船揚場の斜路上での流速が早くなっている。また物揚場の直立壁でこの流れが沖に向い、その南側で循環する流れが生じている。水槽全体としては、海岸方向、北向きの流れがあり、それが北側の側壁によって阻止され沖へ向う弱い循環流がある。染料の拡散状況を示した図-19 においてもこの点は明らかである。

3.3.4 ケース 4

連続した消波工が設置されている場合に、北側から波が入射する場合の状況を調べたのがケース 4 である。波高分布を図-20 に示すが入射した波は消波工を越えてうちあげる。消波工のない場所では屈折のために波の集中する場所があり、かなり高くなっている。うちあげ高については、消波工の背後では他のケースとほぼ同じ高さを示し、物揚場北側の船付場では直立壁前面で T.P. + 3.6 m までうちあがっているが他の場所ではあまり問題となっていない。しかし消波工のない場所では、直接波が入射し、また堤防の前面が深いためにうちあげ高は最大で T.P. 5.5 m まで達している。

平均水位については消波工の背後で上昇し、他の場所では下降している。流況については図-21 に示すように消波工の南側では北からの波によって南向きの流れが生じているが、消波工の端部では時計方向の循環流が生じている。また北側の側壁近くでは南向きの沿岸流があり消波工の端部付近では複雑な流れになっている。ケース 3 と同様に船揚場の浅い場所では南向きの早い沿岸流を生じている。染料の拡散状況についても図-22 のようにフローと同じ流れを示し、開口部での流況が明らかである。

3.3.5 ケース 5

消波工の背後は泊地として利用される可能性もあるために、潮位を下げた場合の消波工背後の波高分布について検討を行なった。消波工の南側にケース 1 と同様に幅 3.6 m の開口部を設けた場合について検討を行なった。波は直角入射とし、波高は 2.4 m でありケース 1 と

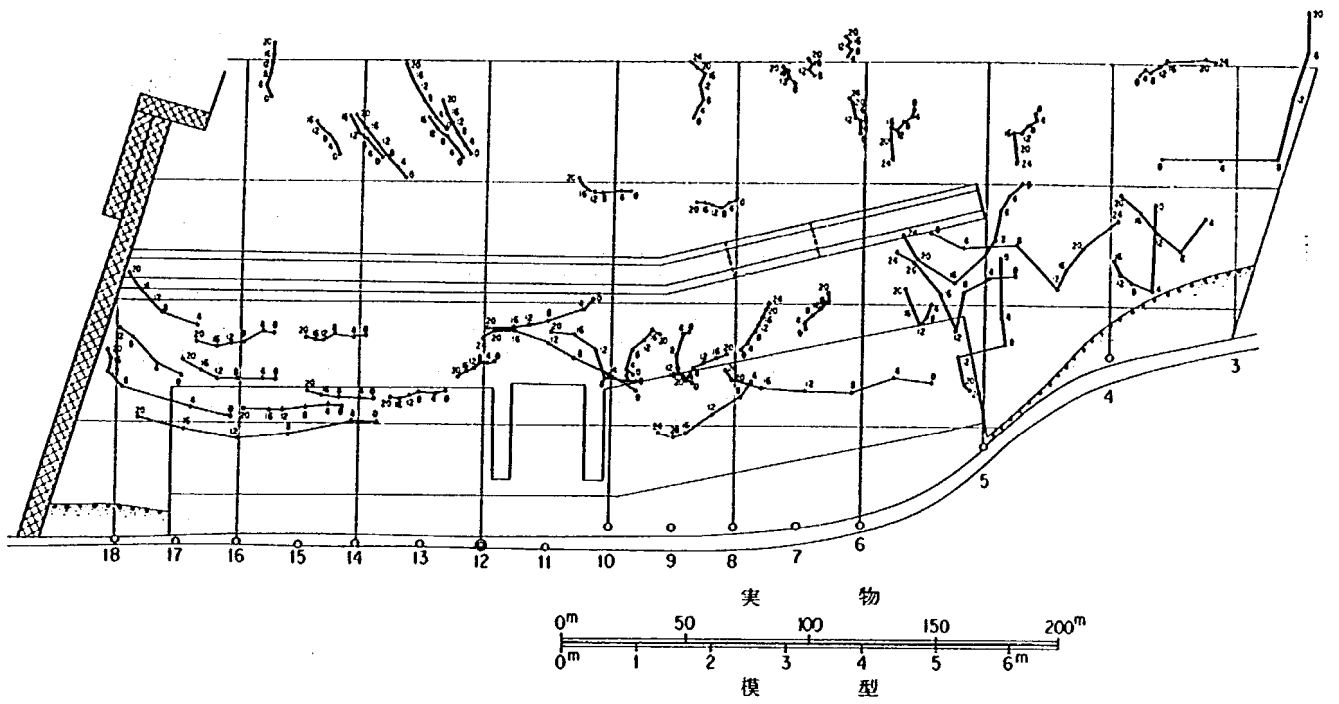


図-18 流況図(ケース3)

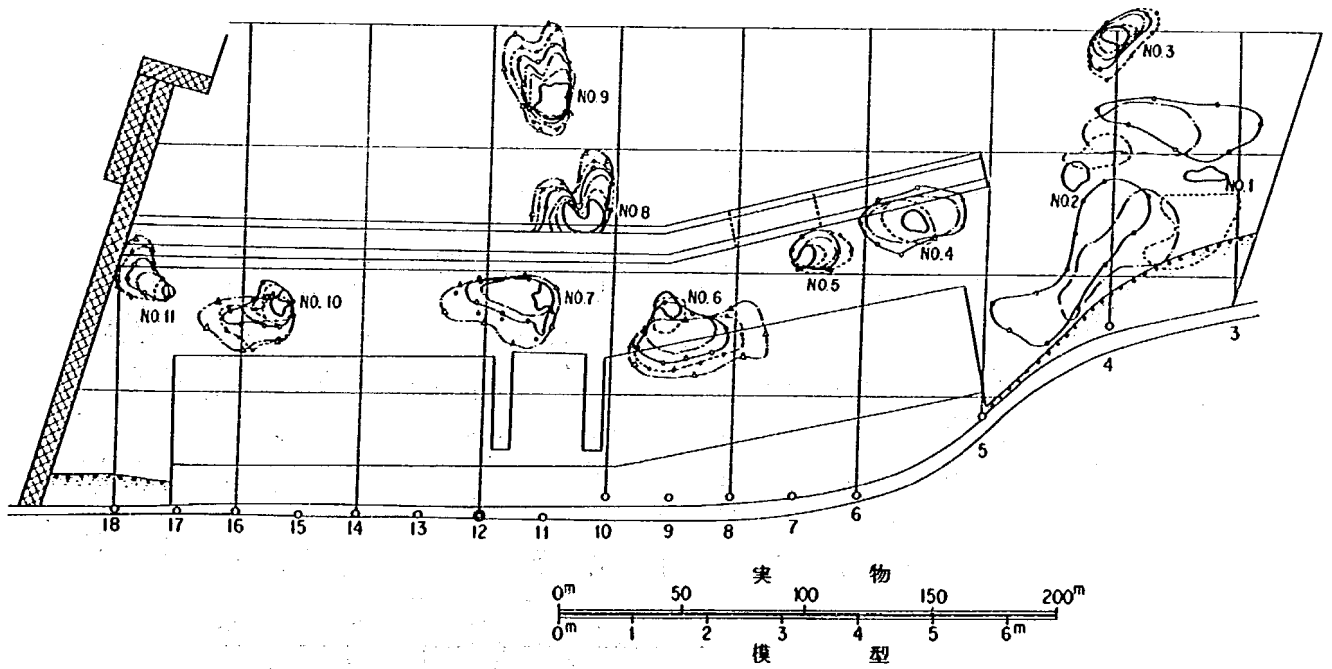


図-19 染料拡散状況(ケース3)

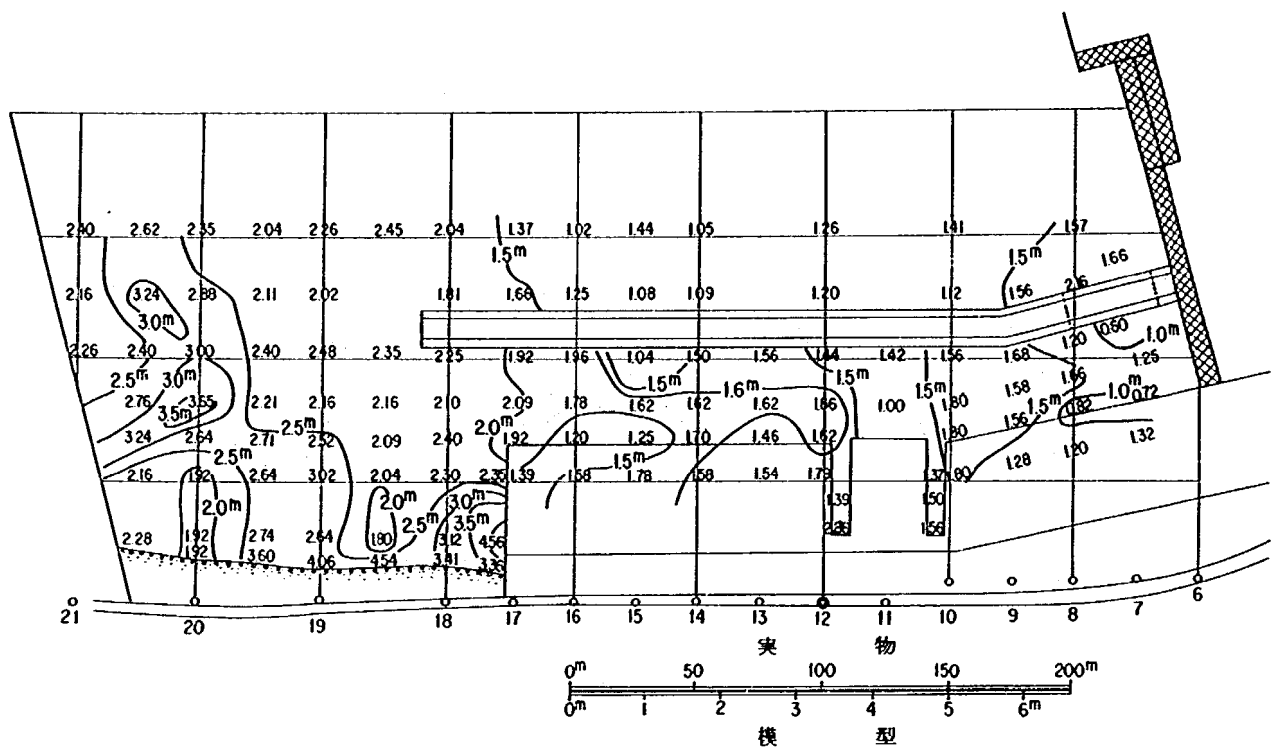


図-20 波高分布(ケース4)

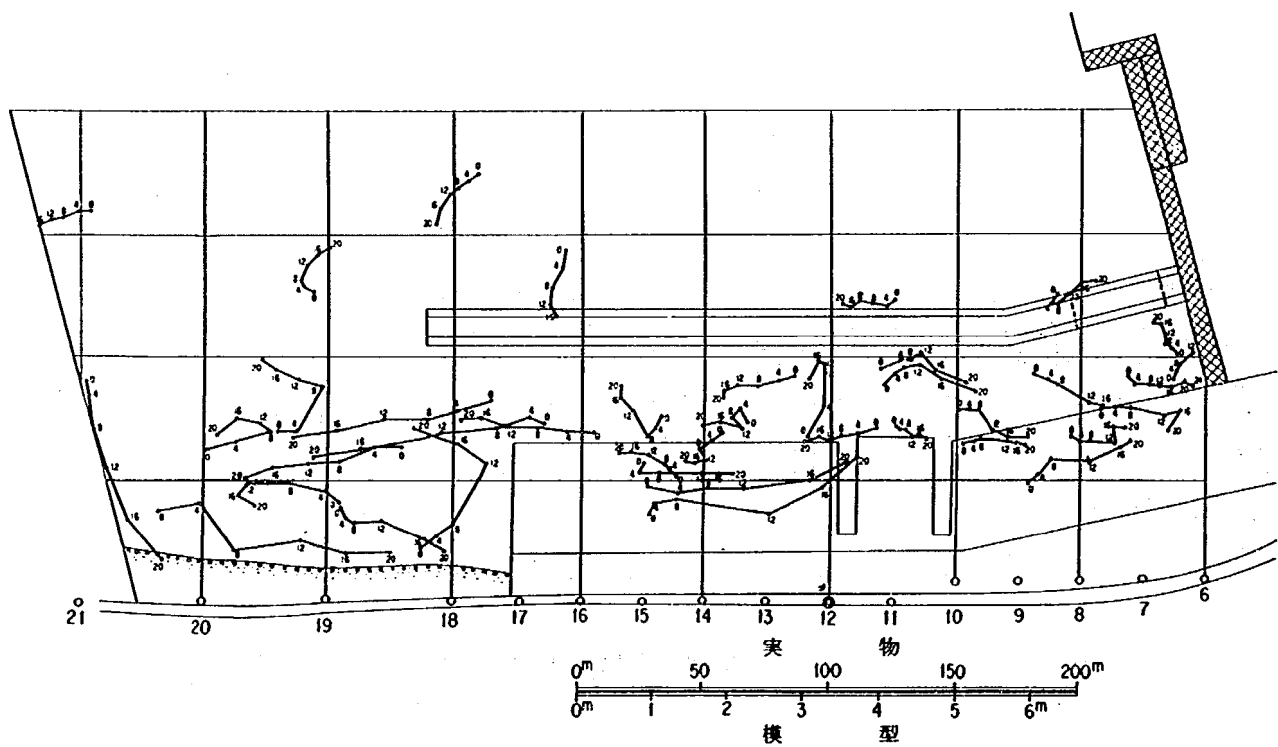


図-21 流況図(ケース4)

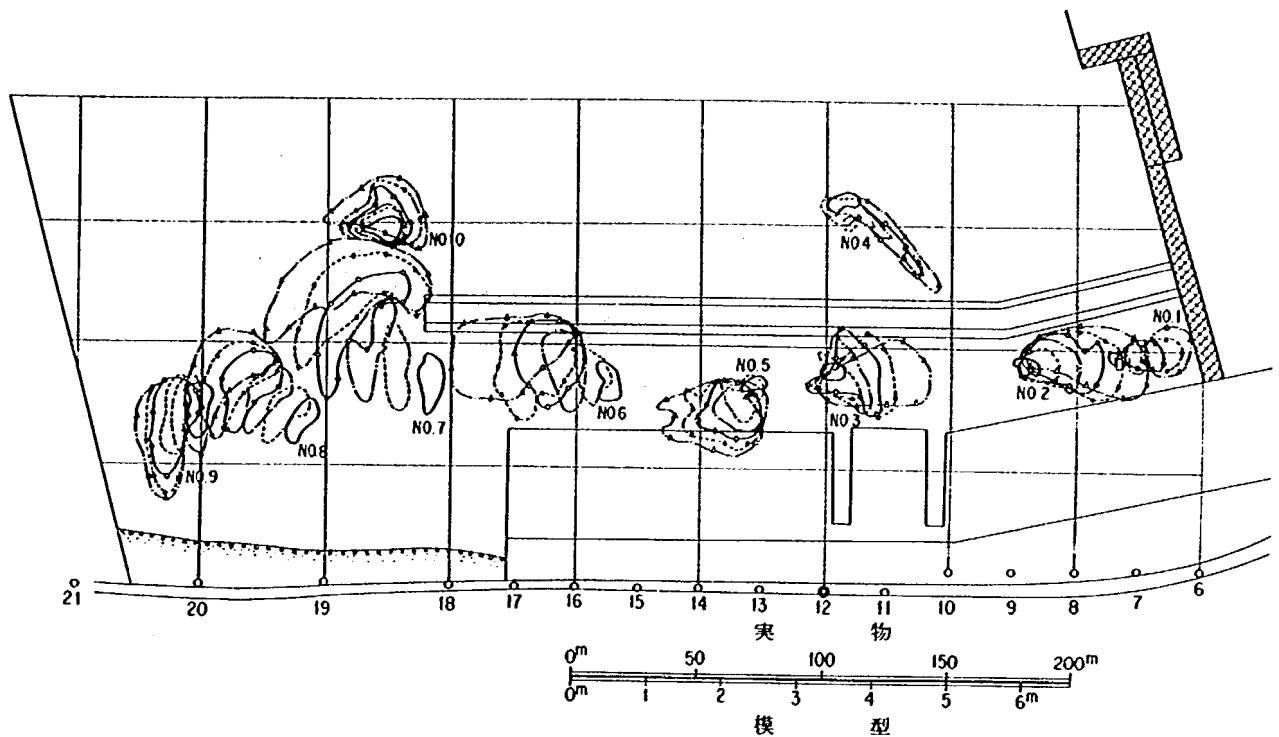


図-2.2 染料拡散状況（ケース4）

同じ条件であるが、消波工背後の波高は図-2.3に波高分布を示すがケース1に比較すると低下している。これは消波工天端を越える波が少なく、潮位が低くなったために相対的に消波工が高くなり、効果を発揮したものと考えられる。したがってうちあげ高も低くなり、最大でもT.P. + 2.0 mにしか達していない。ただ船付場の直立壁前面ではT.P. + 2.4 mとなっている。

流況についてはフロートの軌跡を図-2.4に、染料の拡散状況を図-2.5に示すが流れの状況はケース1とほぼ同じである。すなわち南側の開口部においては、開口部で沖へ、両側では岸へ向う循環流を生じている。また消波工の北端においても時計方向の流れが存在し、その岸側ではこれに対応する反時計方向の流れが存在している。

3.3.6 ケース6

このケースでは潮位を下げた場合の波高分布と、南から波が入射する場合の南側開口部の影響について検討を行なった。波高分布については図-2.6に示すが、開口部および端部において波高が高く、消波工の背後では低くなっている。ケース5と同様に、潮位の高いケース3に比較すると消波工背後の波高は低くなっている。

平均水位については、消波工背後で低く、開口部等では高くなっているが、開口部南側の消波工背後では水位の低下を生じており、これは流れの影響によるものと考えられる。

流況については図-2.7にフロートの軌跡図、図-2.8に染料の拡散状況を示すが、開口部南側の消波工背後において強い北向きの流れが生じている。開口部のないケース3におい

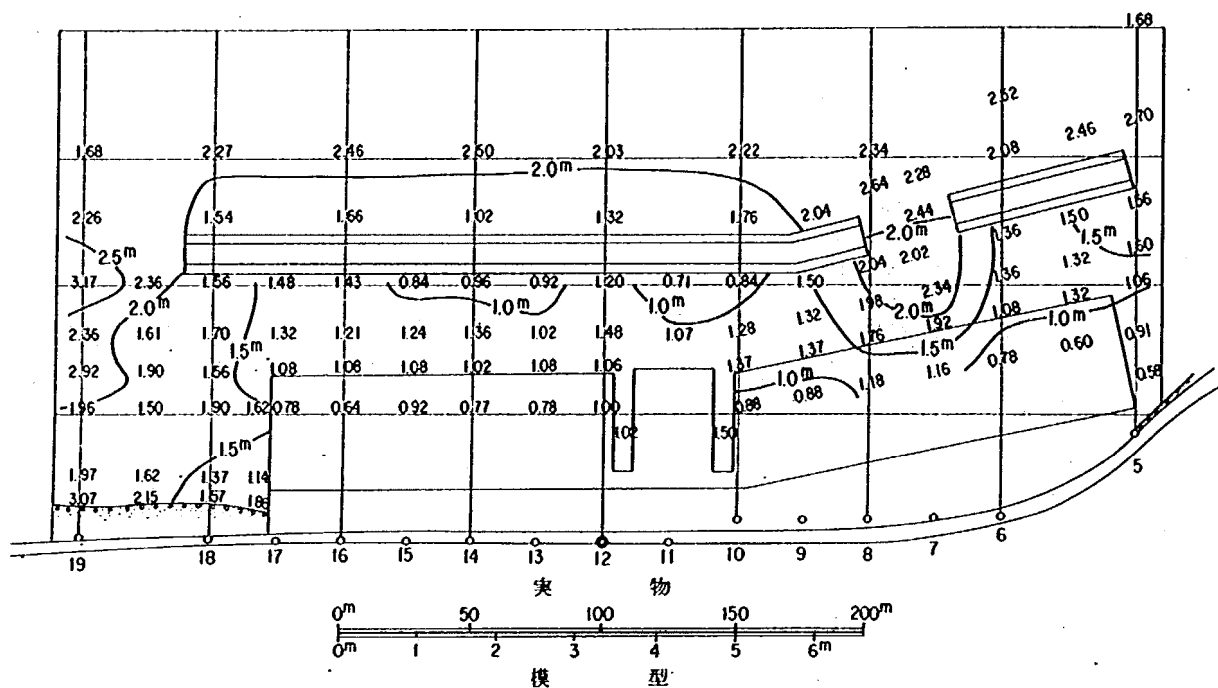


図-23 波高分布(ケース5)

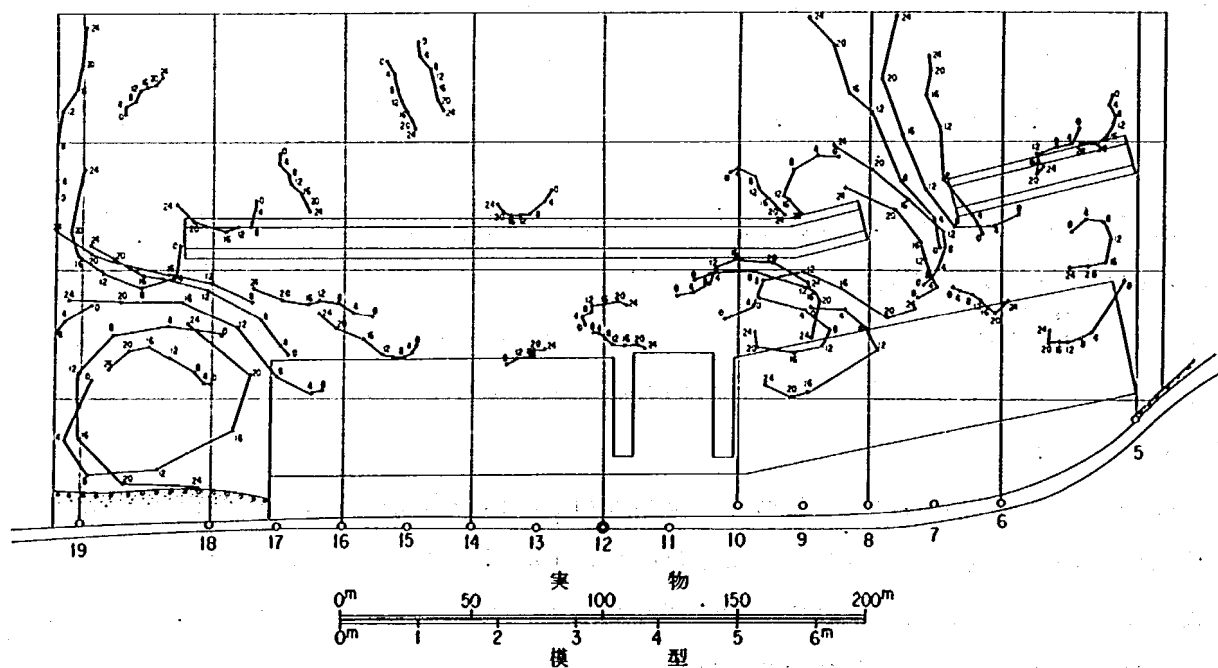


図-24 流況図(ケース5)

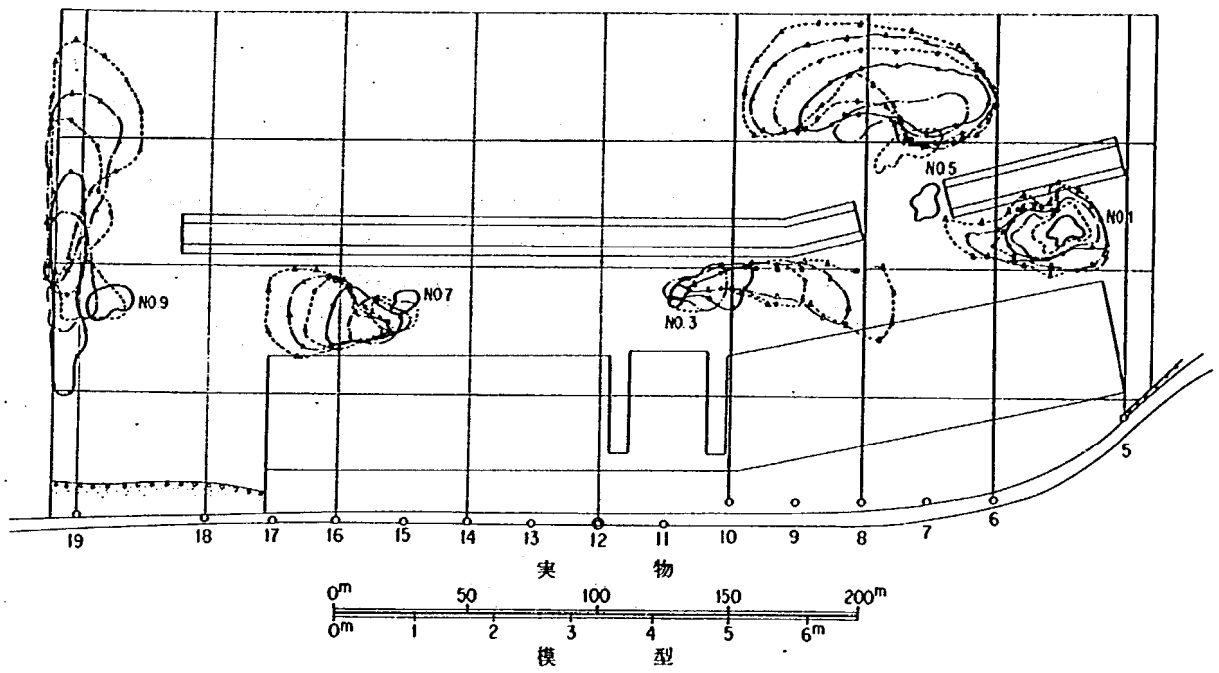


図-25-1 染料拡散状況(ケース5)

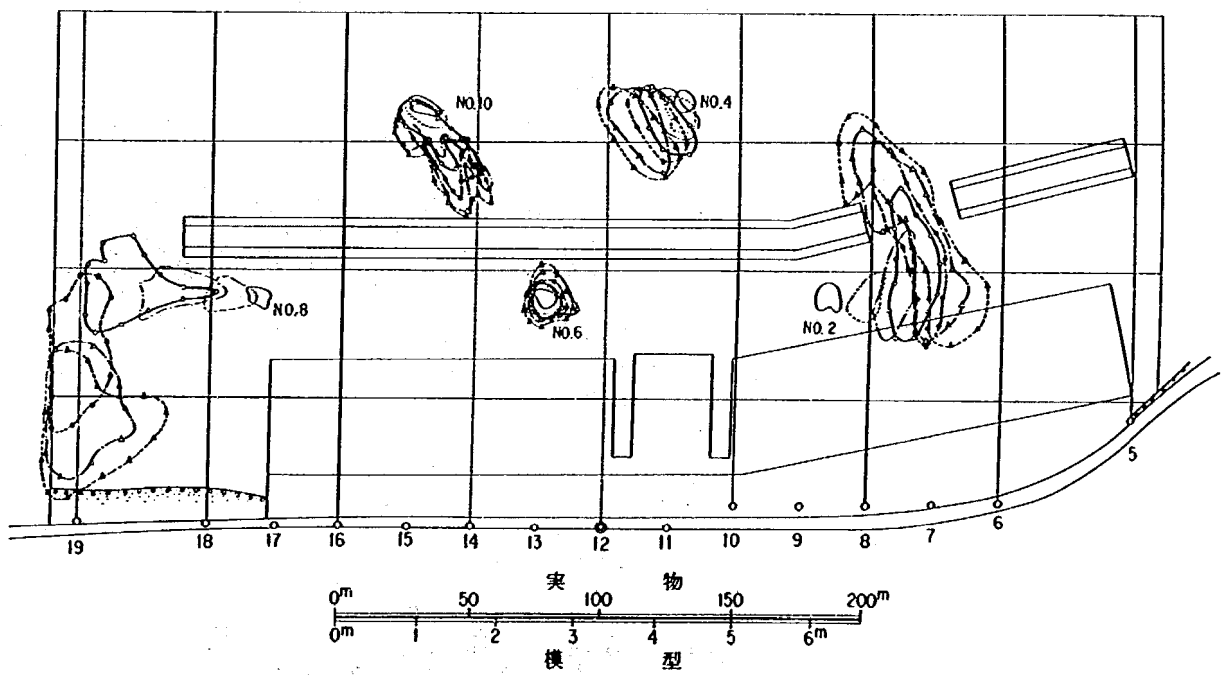


図-25-2 染料拡散状況(ケース5)

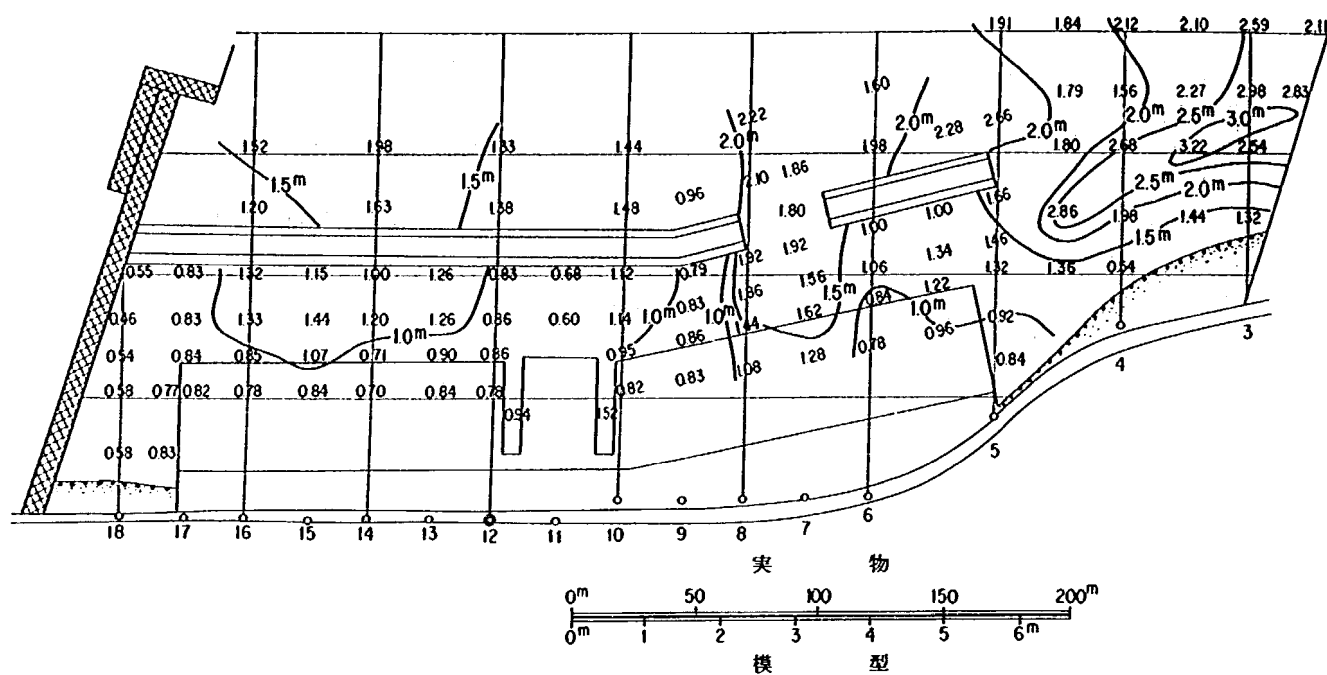


図-26 波高分布(ケース6)

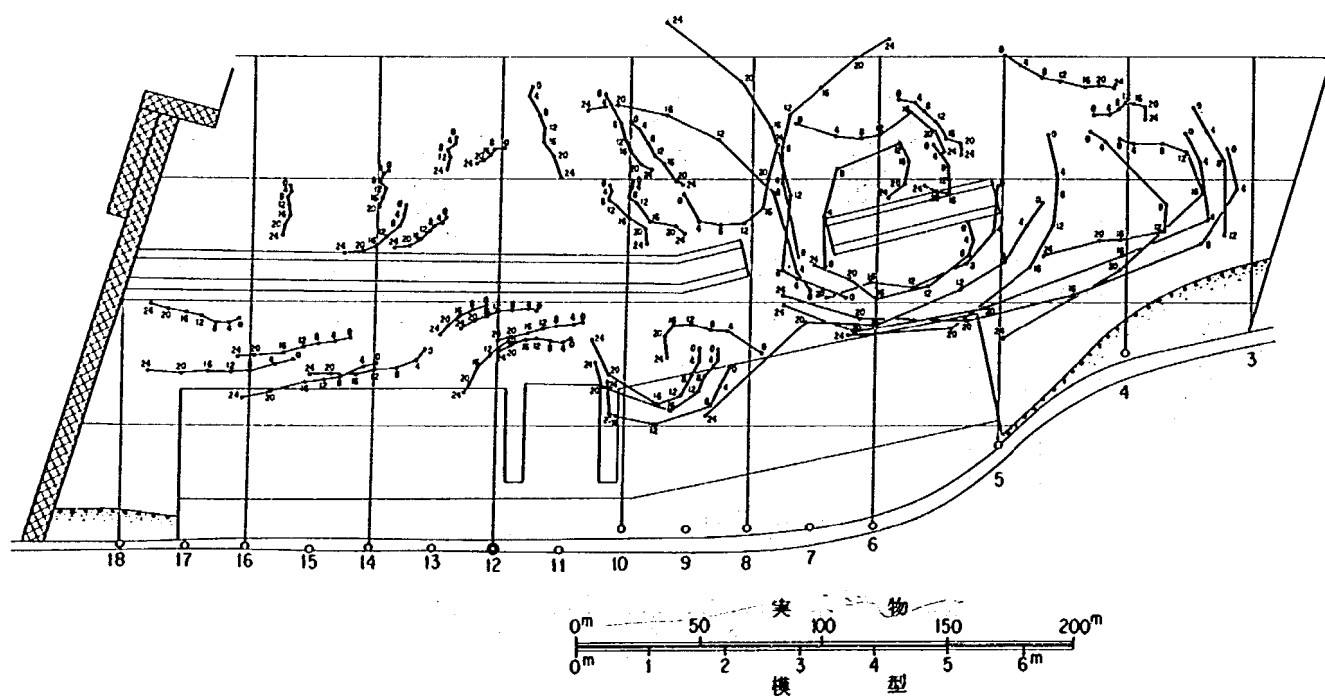


図-27 流況図(ケース6)

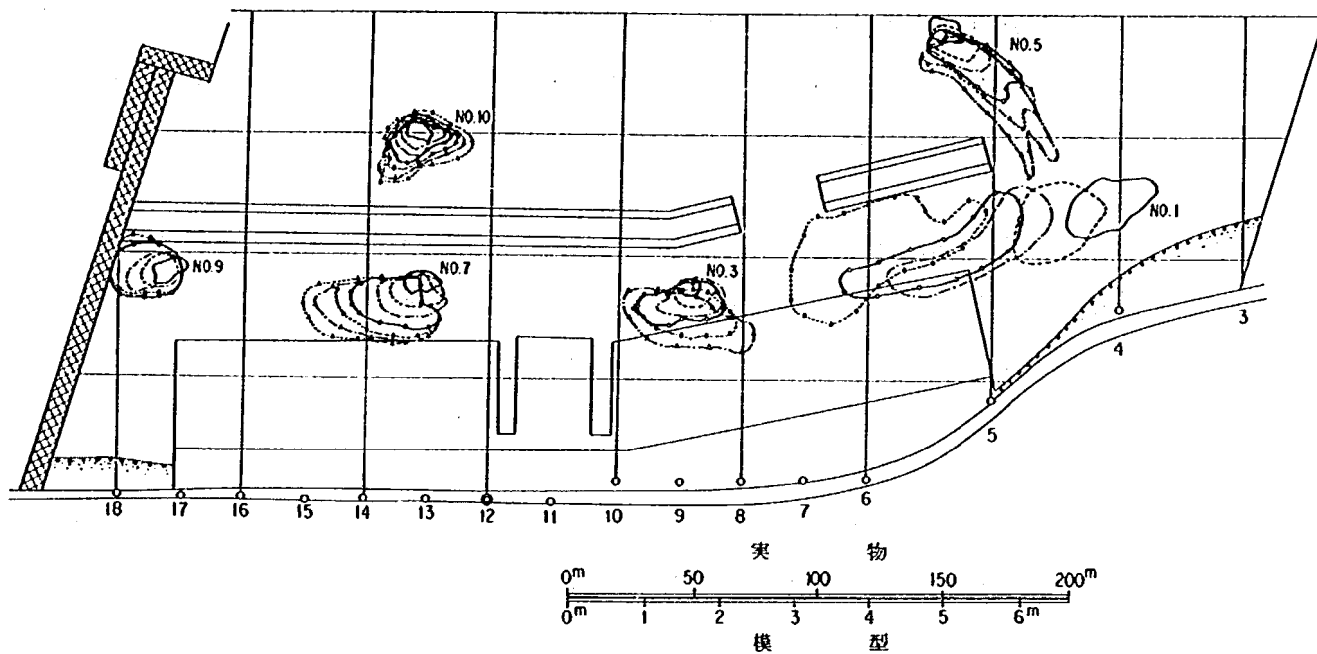


図-28-1 染料拡散状況(ケース6)

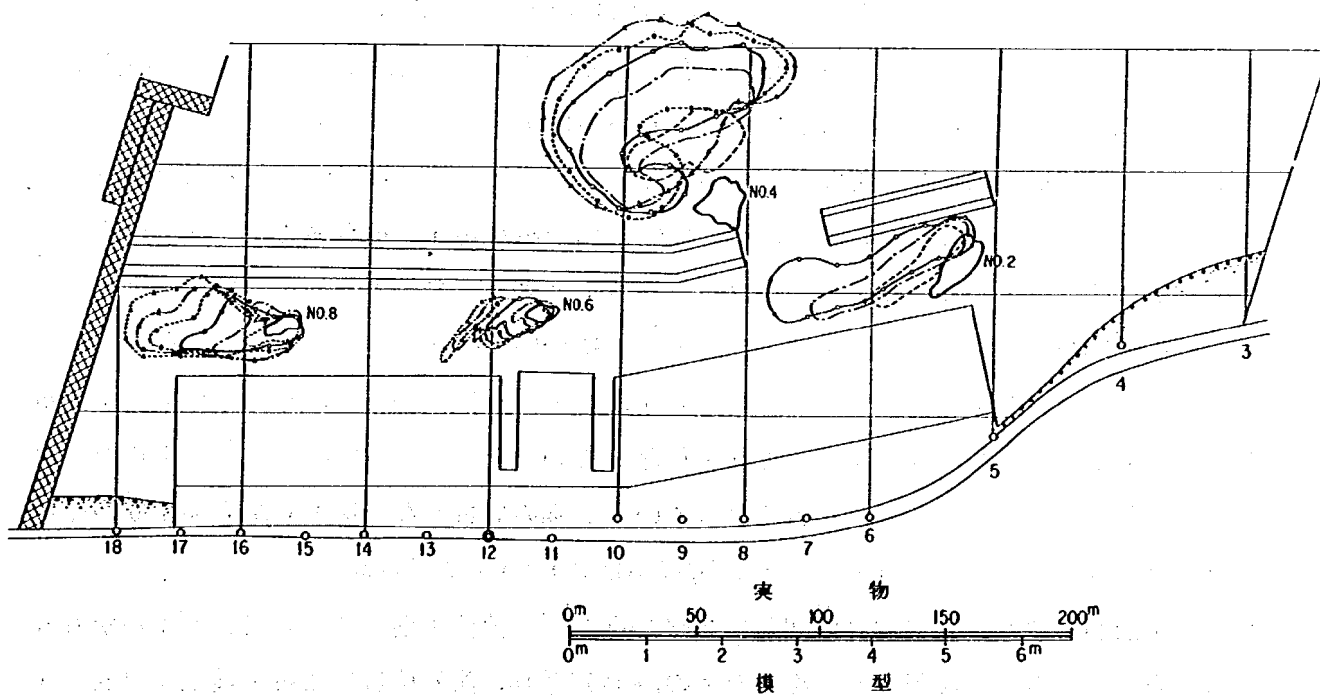


図-28-2 染料拡散状況(ケース6)

ては、ゆっくりした北向きの流れが生じていたが、開口部を設けると南からの沿岸流は消波工の背後を通過し開口部から沖へと出ている。開口部の北側についてはケース3と同様にあまり強い流れとはなっていない。

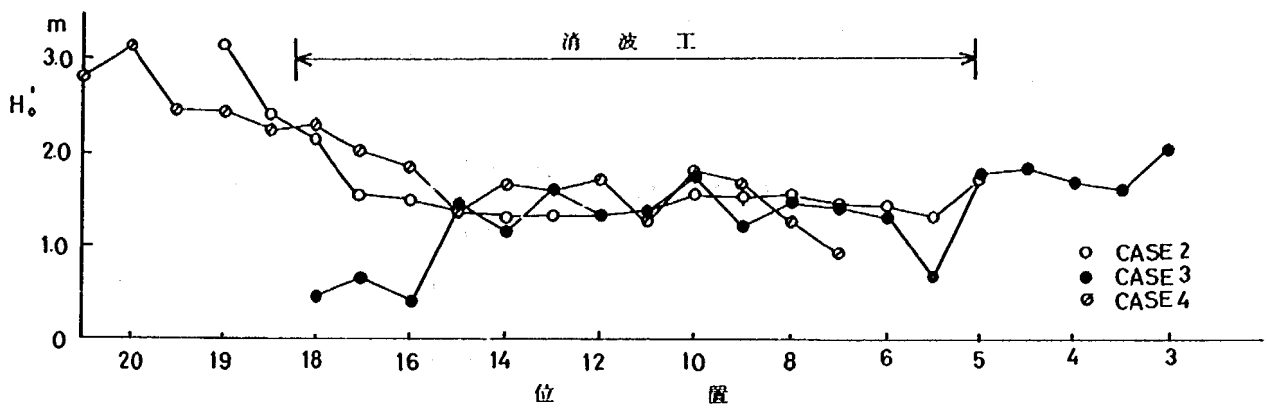
3.3.7 考 察

消波工の効果および開口部付近の波高分布について、ケース1からケース6の実験結果にもとずいて検討を行なう。一般に消波工の効果は、消波工の高さ、幅、設置水深、使用ブロックの大きさ、入射波高、周期によって変化するが、この実験では静水面上の消波工の高さを変化させて実験を行なっているため、この点について調べた。入射波高としては造波板前面で測定した値を使用し、透過波高としては消波工背後の3点で測定された値の平均値を使用した。消波工の前面においても2点において波高の測定を行なっているが、消波工からの反射波が当たるためにこの測定値から入射波高を決定することは困難であった。また透過波についても物揚げおよび船揚げからの反射波が存在するが、一応3点において測定された値の平均によって検討した。なお水深によって波高が変化するために、微小振幅波理論によって相当深海波の波高に換算した。

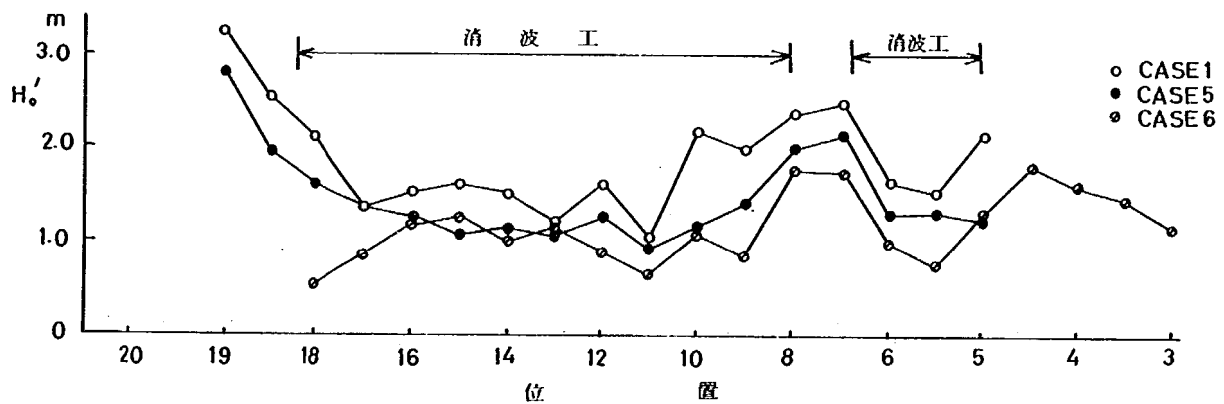
消波工の設置位置より岸側の波高測定点3点における平均波高の沿岸方向の分布を示したのが図-29と図-30である。図-29は消波工が連続している場合のケース2からケース4について示したものである。消波工の背後においては波高が小さくなっており、また端部においては回折波による影響のあることを示している。入射波高2.4 mに対する消波工の効果としては、端部からの影響のない測点No.6からNo.16の間の平均値を求めてみると $H_{to} = 1.45 \text{ m}$ となり透過率としては $K_t = 60\%$ となった。この値としてはほぼ妥当なものであろう。また端部の回折波の影響範囲については、両端から約50 mの範囲となっている。

図-30は消波工に開口部がある場合のケース1とケース5、ケース6の結果を示したものであるが、開口部および端部を除くとケース1については図-29のケース2からケース4とほぼ同じ消波効果を示している。ケース5とケース6については、潮位をT.P.+1.2 mとケース1に比較して0.8 m下げて実験を行なっているために相対的に消波工の水面上の高さが高くなるために透過波高は小さくなっている。端の影響のないNo.10からNo.16の平均値を求めてみると $H_{ot} = 1.1 \text{ m}$ となり、透過率は $K_t = 45\%$ である。

消波工前面の波高と透過波高の関係を調べてみたが、消波工前面においては反射波が存在するために、入射波と反射波の重複したものが測定され、測定位置によって波高が変化していた。特に斜めから波が入射するケース3とケース4については、消波工が屈曲しているための影響もあり、消波工前面での波高変化がいちじるしい。したがって前面波高と透過波高の間に明瞭な関係は見出せなかった。なお付録に消波工の反射率と透過率を水路によって調べた結果を参考として示しておく。



図一 29 消波工通過後の波高（連続堤）



図一 30 消波工通過後の波高（開口部有）

波のうちあげ高については入射波高, 周期, 護岸形状, その前面水深などによって変化する。この実験では船揚場の斜路になっている場合と直立護岸の二種類に護岸形状が大別されるので, それぞれについて前面の波高とうちあげ高 R との関係求めた。前面の波高 H_0 としては, 消波工のある場合には, 消波工通過後の波高を平均して深海波に換算した値を, ない場合には護岸前面での 3 点での平均値を深海波に換算した値を使用した。相対うちあげ高と波形勾配の関係を示したのが図一 31 である。

この図では陸側の構造物は船揚場で緩斜面の場合と、直立護岸に分けて示してある。緩斜面の場合についてはサビールによる斜面勾配 $1/8$ と $1/10$ の場合の結果を実線で示しているが、船揚場の勾配は $1/8$ であり、平均値としてはこれまでに得られた結果とほぼ同じ結果になっている。なおうちあげ高は前面水深 h によって変化するが図-31に示したものは $1 < h/H_0 < 3$ の範囲のものである。

直立壁へのうちあげ高については、直立壁の前面水深によって変化するが、図-31の結果によれば同じ入射波であっても相対うちあげ高はかなり変化している。この理由としては波の集中が考えられる。特にケース4においては北から波が入射し、船揚場と護岸によって形成される隅角部に集中しており、この付近のうちあげ高が大きくなっている。また直立壁前面の波高は直立壁での反射波が緩斜面の場合に比較して大きいために、ここで対応づけた波高も変動があると考えられる。

以上の結果によれば、波のうちあげ高は平均的には入射波高にもとずいて予測することが可能であることが明らかになった。特に消波工が前面にある場合でも透過波をもとにうちあげ高を計算することができる。ただ汀線付近の構造物が単純な形状でない場合については反射等がある変動がある。模型実験を行なわないでうちあげ高の推定を行なう場合には、したがってまず消波工の消波効果を予測し、消波工背後の波高分布を求め、これを入射波と考えてうちあげ高を求めればよい。ただ海岸および構造物の配置が単純でない場合には反射波の影響があり、うちあげ高に変動幅を考える必要がある。

消波工の安定性については、消波工が測線 No. 9 付近で屈曲しており、ここに波が集中するために、ブロックが振動する場合があった。しかし転落する場合はないので、実際に使用を計画している 8 ton ブロックは計画波浪条件に対して安定であると考えられる。

消波工周辺の流況については、消波工の端部において消波工側では岸向きに、離れた場所では沖向きに流れる循環流が生じている。これは消波工による波高減衰によって岸向きの力が発生しそれによって岸への流れが発生し、これを補うために沖向きの流れが生じている。

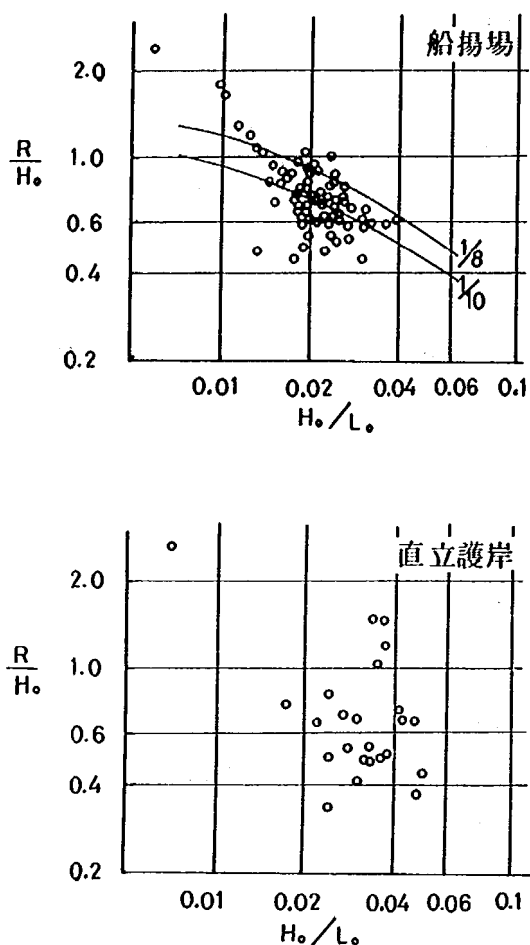


図-31
相対うちあげ高と波形勾配の関係

消波工の延長が長い場合には、岸向きの流れとはならず岸側の水位が上昇している。

開口部を設けた場合には、開口部においては沖向きに、その両側の消波工では岸向きの流れが生じている。またこれとともに、波が斜めに入射するケース 5 の場合には消波工のない場所から消波工への背後に向う沿岸流が、開口部から沖へ流れている。

砂の移動は流れの方向に移動すると考えられるので、以上の結果によれば、開口部からの沖への移動と、沿岸方向の消波工背後への移動に大別できよう。

第4章 移動床模型実験

4.1 概 要

消波工の岸側における地形変化やその周辺の洗掘状況を調べるために、移動床模型実験による検討を行なった。特に消波工の南側には漁船の出入のために開口部を設ける計画であり、そのために消波工の背後には堆積を生じる可能性がある。適度な堆積はうちあげ高の減少等有用であるが、あまり浅くなると船揚場の利用に支障を生じる場合がある。したがってどの程度の地形変化を生じるかを明らかにしておく必要がある。また消波工の周辺においては洗掘を生じる恐れがあり、それに伴って沈下も生じよう。これらの問題については海浜を、移動する材料で構成することによって検討を行なうことができる。しかし移動床模型実験の相似率については、まだ十分に確立しておらず、相似性についてあらかじめ検討を行なっておかなければならず、また得られた成果についても定性的なものにとどまらざるを得ない場合がある。したがってここでは、まず予備実験によって相似性の検討を行なった。

予備実験は今津工区の北側に位置する野田工区において消波工がすでに施工されているので、その状況は再現することを試みた。その結果を利用して開口部の影響や洗掘の状況について調べた。

4.2 相 似 率

波浪によって底質が移動する場合の相似率については波浪および流れについての相似率が保たれるとともに、地形変化についても相似でなければならない。まず波浪については、現象を支配しているのが重力と慣性力であると考えられるため、固定床模型実験と同様にフルードの相似則に従うと考えられる。したがって重力の加速度を g 、速度を v 、長さを h とし、模型と実物に関する量を添字の m と p でそれぞれ表わすと次のような関係が成立つ。

$$\frac{v_p}{\sqrt{gh_p}} = \frac{v_m}{\sqrt{gh_m}} \quad (1)$$

したがって長さの縮尺を $1/S$ とすると次のようになる。

$$h_m/h_p = 1/S \quad (2)$$

$$v_m/v_p = 1/\sqrt{S} \quad (3)$$

この場合には表面張力などを無視しているために、模型で発生する波が表面張力の影響を受けるほど小さくするわけにはいかない。

海浜流すなわち波によって生じる流れについては、波浪と同様にフルードの相似則を満足するとともに、海底の摩擦係数を C_f とすると

$$C_{fm}/C_{fp} = 1 \quad (4)$$

となる。しかし海底の物質が移動する状態では砂れんが発生する場合があります、粗度を調節して摩擦係数を一致させることは困難であるが、これまでの観測値等によれば模型と実物の摩擦係数はほぼ同じ程度と考えられる。

砂の移動現象に関しては、その移動機構が現在明らかになっていないために、どのような量を相似にすべきかについては確立した考えはない。ここでは海浜形状と移動範囲を相似にすることを考えた。波や流れによって移動する底質で造られた模型においては海浜の横断形状を任意に制御することは困難で、波浪と底質の条件が与えられるとある平衡形状が確定する。したがって実物の海浜形状と相似な形状を得るように、まず底質と波浪条件を選定する必要がある。この場合には合せて海浜の移動範囲を実物と模型で合せなければならない。いずれの場合においても実物の地形変化をもとに検証を行なわなければならない。したがってここではほぼ地形および波浪条件が今津工区と類似している野田工区の地形変化をもとに検討を行なった。

4.3 予 備 実 験

4.3.1 野田工区の自然条件

野田工区は今津工区の4km北側に位置し、図-34に示すように海岸には短い突堤があり、また延長100m離岸距離約65mの離岸堤が設けられている。その構造としては防砂板上に8トンの六脚ブロックによって3層4列の図-33に示す諸元を有している。離岸堤の背後には図-32に示すように延長65mの船揚場が設けられている。離岸堤は昭和48年度に施工されている。

離岸堤施工後の地形変化については図-34に示すように離岸堤背後の侵食となっている。離岸堤の沖側においてはあまり変化がないが、岸側では等深線が岸側に寄り離岸堤設置地点付近の砂が岸に向かって移動した状況を表わしている。また汀線付近については十分な測量成果がないために明らかではな

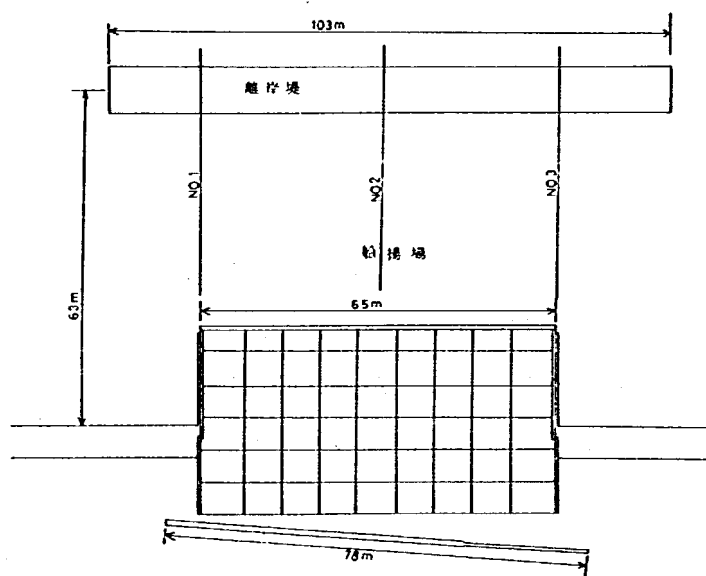


図-32 野田工区平面図

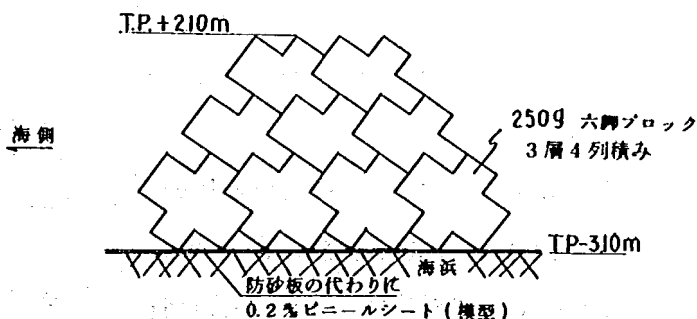


図-33 離岸堤構造図

いが、汀線付近に堆積している可能性がある。すなわちここでは離岸堤は水深 3 m の地点に設けられており、この地点での波浪条件を考えるとほとんどの場合は砕波帯の外側に位置することになる。したがって離岸堤によって波高変化が生じ、それにともなう岸向きの流れが生じ、汀線付近に堆積したものと考えられる。また沿岸方向についても砂移動があり、回折波によって船揚場の位置ではその両側に比較して海岸線が突出している。

底質の粒度分布については図-35に示すように海岸近くでは粒径が荒く、 $d_{50} = 9 \text{ mm}$ であり、沖側では細かく $d_{50} = 0.5 \text{ mm}$ となっている。

4.3.2 底質の選定

模型縮尺は主として検討対象領域と水槽幅の関係から $1/30$ と決定しており、また波浪条件からこの海岸に襲する主要な波浪は 1 m 程度と考えられるために模型での波高としては 3 ~ 4 cm となる。

模型実験に使用される底質としては砂、石灰粉、軽量骨材、塩化ビニール樹脂などがあるが上記の波浪条件ではなるべく移動しやすいものを選定する必要がある。

したがってここでは石炭粉を用いることとした。ただ石炭粉は砂と異なって波浪条件に対応する海浜形状の特

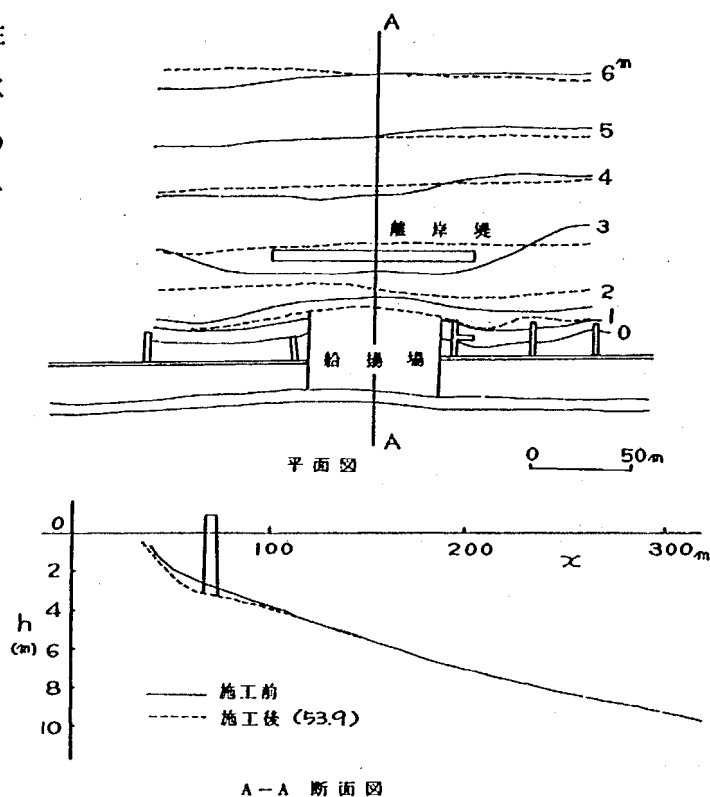


図-34 野田工区海底地形変化

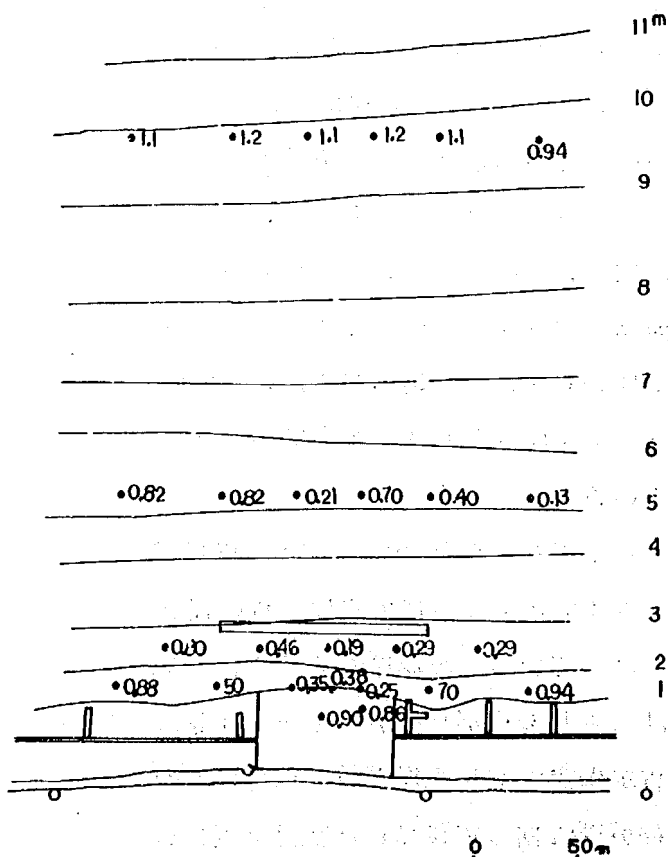


図-35 中央粒径の分布 (単位mm) (野田工区)

性が少し異なっている。すなわち砂の場合には波形勾配が小さいとステップ型の海浜形状となり、波形勾配が大きいと沿岸砂州が形成されるが、石炭粉の場合には波形勾配の小さい場合に沿岸砂州に類似した砂州が発達しやすい。むしろ波形勾配がきつい場合にステップ型となる。

野田工区および今津工区の海浜形状を調べると沿岸砂州はあまり発達しておらずステップ型であるために、波形勾配としてはきついものを選ぶ必要が生じた。

実験に使用した石炭粉の粒度分布を

図-36に示す。中央粒径は 0.31 mm 、比重は 1.5 であった。

4.3.3 実験方法

予備実験は野田工区の海浜形状および構造物の設置状況に合わせて図-37に示すような模型海浜を製作し、それに模型で20時間波を作用させて地形の変化状況についての測定を行なった。実験に使用した施設は固定床模型実験と同様の施設である。波を作用させている間に波高、流況、平均水位、拡散状況の測定を行なった。

海浜形状の整形は、沿岸方向 50 m （実物）間隔ごとに海浜断面図にもとづいて帯をつくり、その間をこて等によってならすことにより行なった。野田工区の初期海浜形状としては図-38に示すものを使用し、沿岸方向には一様とした。

入射波高の測定は造波板から 5 m 岸側で3点において、階段抵抗式波高計を使用して行なった。波高は連続して測定し30分間隔で記録を整理した。離岸堤周辺の波高分布については容量式波高計6台によって波を作用させてか

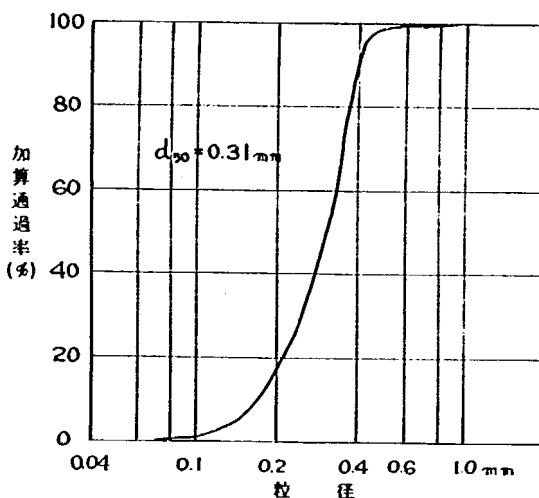


図-36 石炭粉の粒径加算曲線

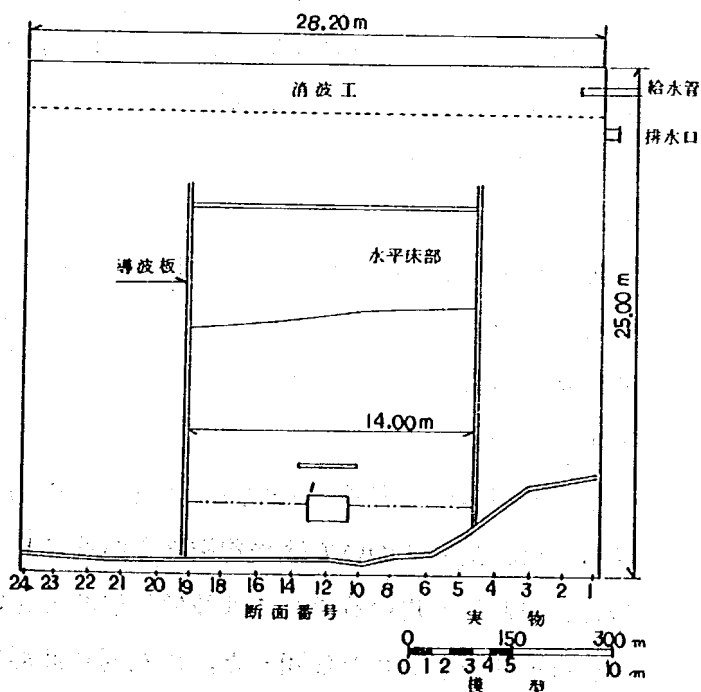
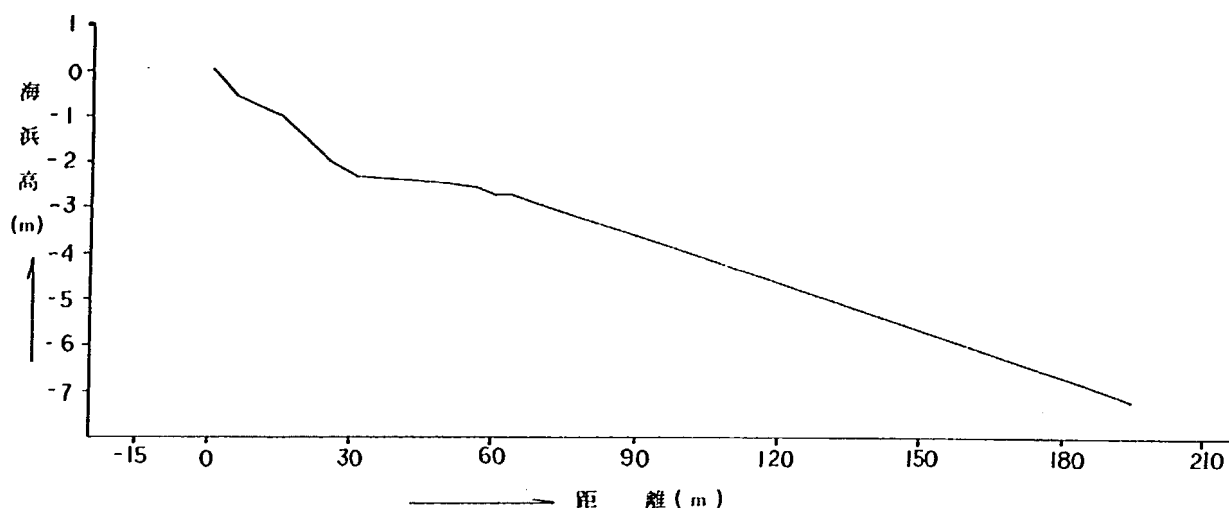


図-37 野田工区模型配置図



図一 38 野田工区海浜横断形状

ら 30 分後と、停止直前のほぼ波を 20 時間作用させた状況で行なった。

平均水位についてはピトー管の静圧部を利用して測定したが静水位については造波機を停止して読み取った。

流況および拡散状況についてはフロートおよび染料を投入し、その移動状況を写真に撮影した。フロートとしては直径約 30 cm のポリビンのフタを、赤、黄、青に着色して用いた。染料は 800 ppm のフルオレッセンナトリウム溶液を用いた。撮影は水面上に 7 ～ 7.5 m の位置に設けたロープに 20 m/m の広角レンズを取付けた 35 mm モータードライブカメラを使用し、4 波に 1 回の間隔で行なったフロートの投入は 1 回に約 50 個、染料は離岸堤より岸側 3 点、沖側 2 点とした。測定間隔については波を作用させた後 30 分、5 時間、20 時間とした。解析についてはスライド映写機によって撮影し、フロートの軌跡および染料の拡散範囲を求めた。

海浜形状の測定は、水を排水し水系を基準として竹尺によって行なった。測定間隔は実物で沿岸方向 25 m、岸沖方向に 3 m であり、実験前、波を作用させて 10 時間後および 20 時間後の合計 3 回測定した。

4.3.4 実験条件

予備実験における波浪条件は後に示す表一 4 の通りであり、波形勾配を 0.03 から 0.04 として検討した。潮位については平均潮位である T.P. 0.25 m を用いた。さきに述べたように石炭粉を底質として用いる場合には波形勾配の大きいほどステップ型となるので実際に来襲している可能性のある値を使用した。また同じ波形勾配であっても波高の値が大きければ底質の移動範囲が広く、小さければ狭くなるので、波高の絶対値を変化させることとした。

4.3.5 実験結果

野田工区における相似性検討のための実験はまず波高 1.2 m 周期 4.4 sec で行なった。構造物として船揚場、離岸堤および海岸護岸を設けてある。入射波の時間的变化を示したものが図-39であるが変動がかなりある。この原因としては造波機の特性と反射波の存在があげられる。造波機については2台の造波機を使用しているために、両者の特性を合せることが困難であった。実験開始時にはほぼ同じ波高であったものが、時間の経過とともに北側の入射波高が大きくなり、南側の入射波高が小さくなっている。10時間後には一応ほぼ一致しているが、その後においてはまた同じ傾向を示している。中央での入射波高については、離岸堤による反射波が存在するために他の場所に比較して変動が大きくなっている。また反射波は離岸堤のみならず護岸からも生じている。護岸の表のり勾配が直立に近いために、その前面で洗掘と反射を生じた。洗掘がはげしいので85分後に護岸を取除き海浜の整形を行なった。

波を30分間作用させた後の波高分布を図-40に示すが、離岸堤の消波効果としては50%程度となっている。流況と拡散状況は図-41に示すがあまり明確な流れは表われていない。波高の変動にともなって流況も変化し、沖側で変動する沿岸方向の流れが存在している。

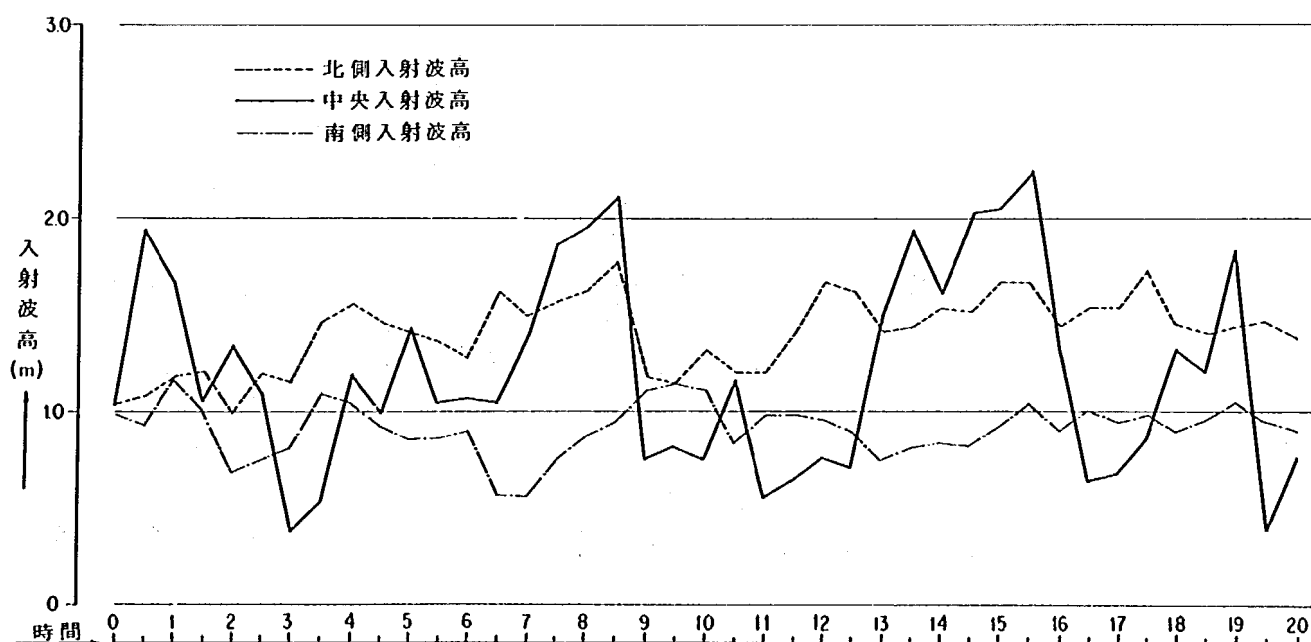
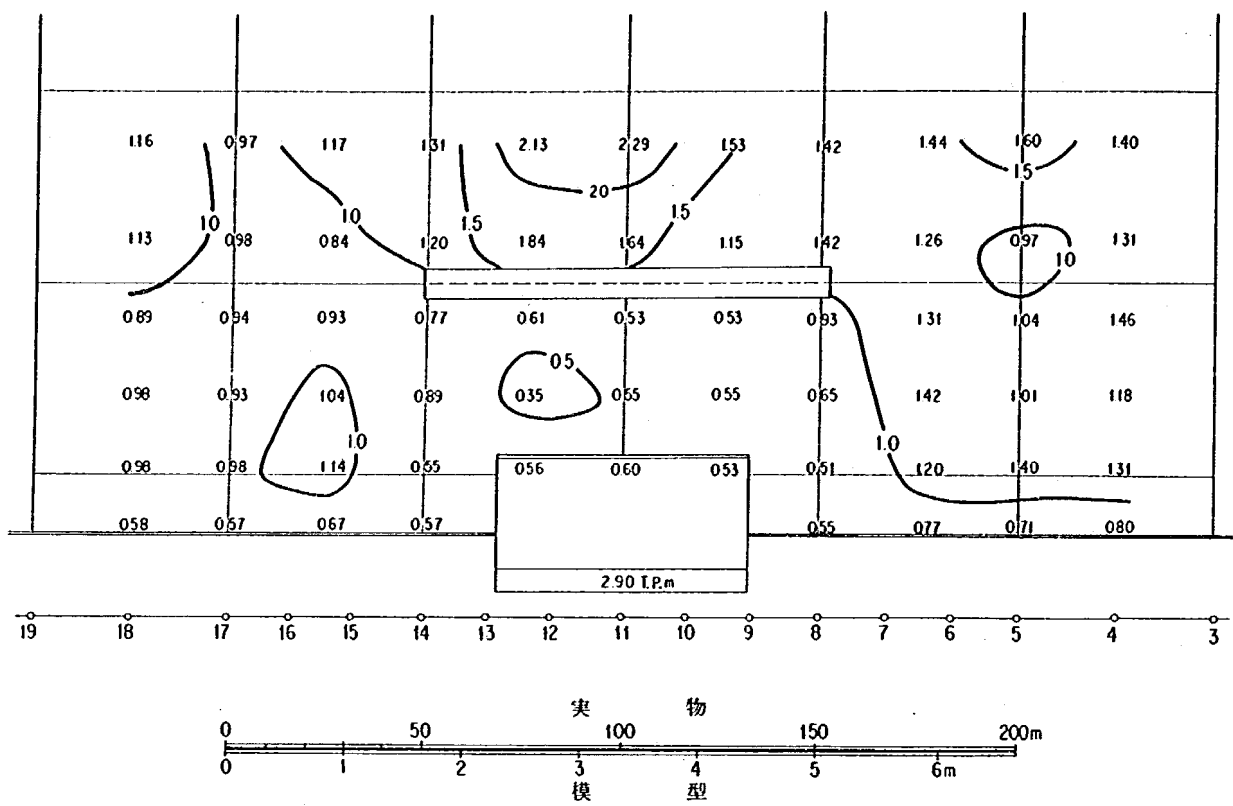
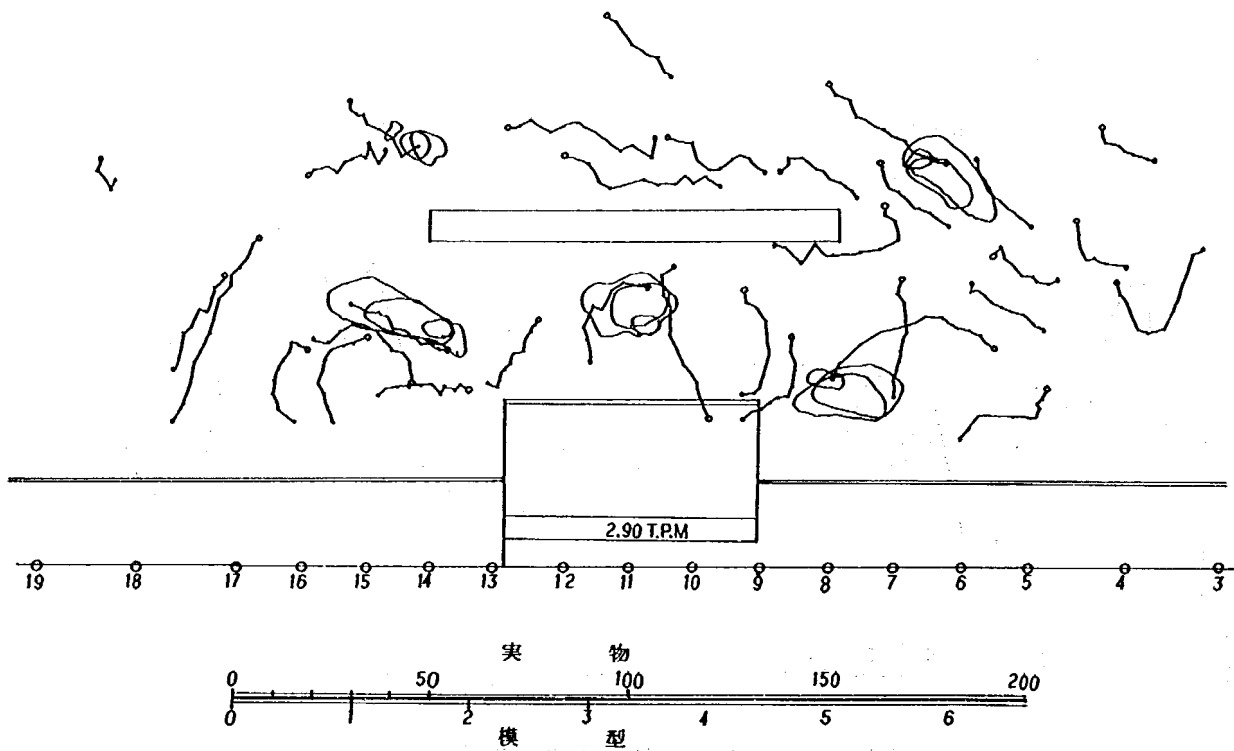


図-39 入射波高の時間変化(ケース1)



図一 40 波高分布 (ケース 1)



図一 41 流況図 (ケース 1)

初期の海浜形状と20時間波を作用させた後の形状を図-42に示す。この結果によれば離岸堤の背後へ、その両側および離岸堤の沖から底質が移動し、堆積を生じている。また離岸堤で保護されていない場所では陸上の底質が沖および離岸堤の背後へ移動したために侵食を生じている。したがって堆積域は離岸堤の背後の船揚場前面と離岸堤がない場所の沖側である。また侵食域は離岸堤の沖側と、船揚場両側の汀線である。離岸堤沖での侵食は、離岸堤による反射波によってその前面に部分重複波が形成され浮遊砂が生じやすくなっていたために、それが沿岸流および岸向きの流れによって移動したものと考えられる。また離岸堤のない場所での岸から沖への底質の移動については、初期の海浜形状が、作用させた波浪と用いた底質に対応して生じる海浜形状より幾分緩かったためと考えられる。また海浜の形状はステップ型で実物と同じであり沿岸砂州は生じていない。代表断面の横断形状を図-43に示す。

ケース2として底質の移動範囲をせまくする目的で波高1.0 m, 周期4.6 secの波浪条件で実験した。図-44に入射波高の時間変化を示す。ケース1に比較すると波高の変動が少ないが、それでも中央での入射波高は10時間後に大きくなっている。波高の平面分布を図-45に示す。離岸堤の消波効果としては60%程度で、ケース1に比較すると波高が小さく周期が大きくなったために、消波効果が低下したものと考えられる。

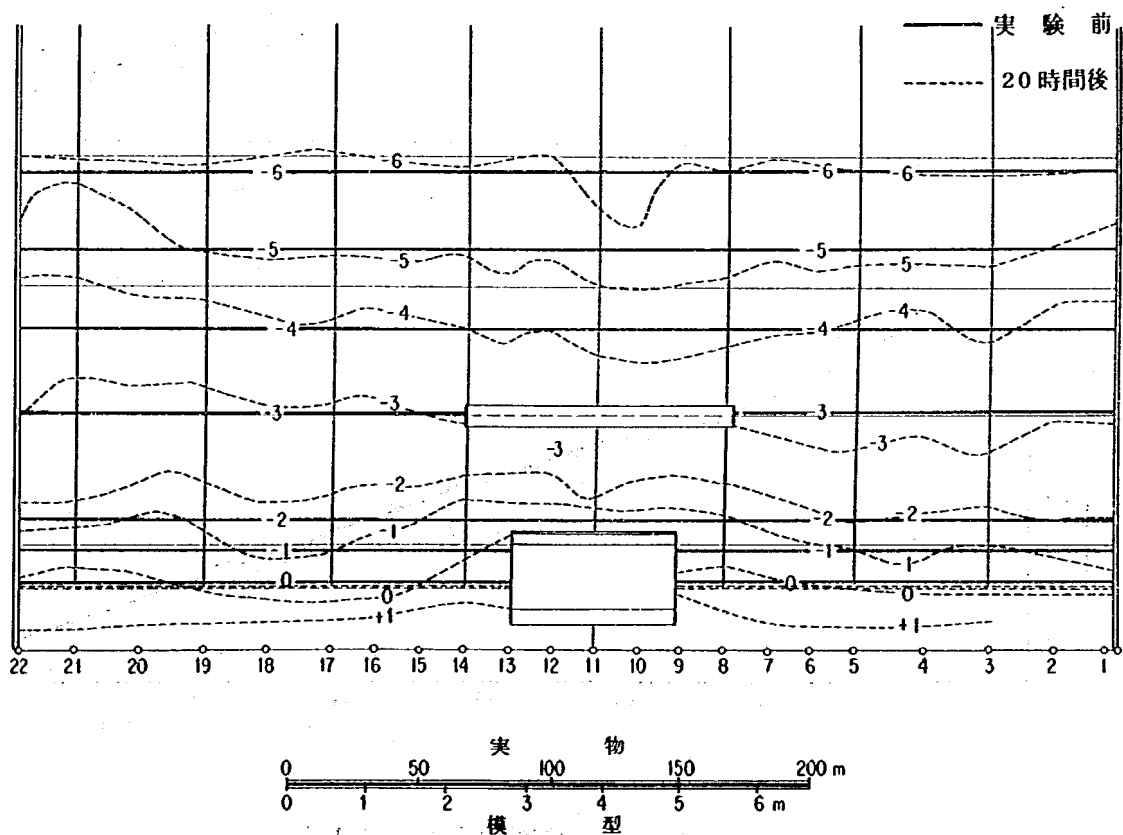


図-42 地形変化図(ケース1)

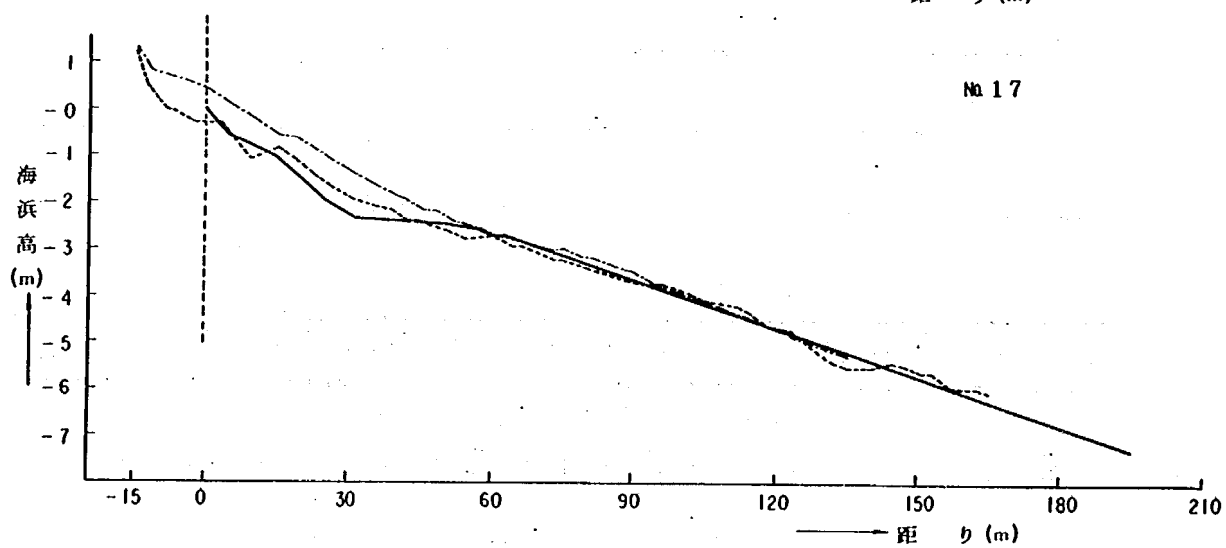
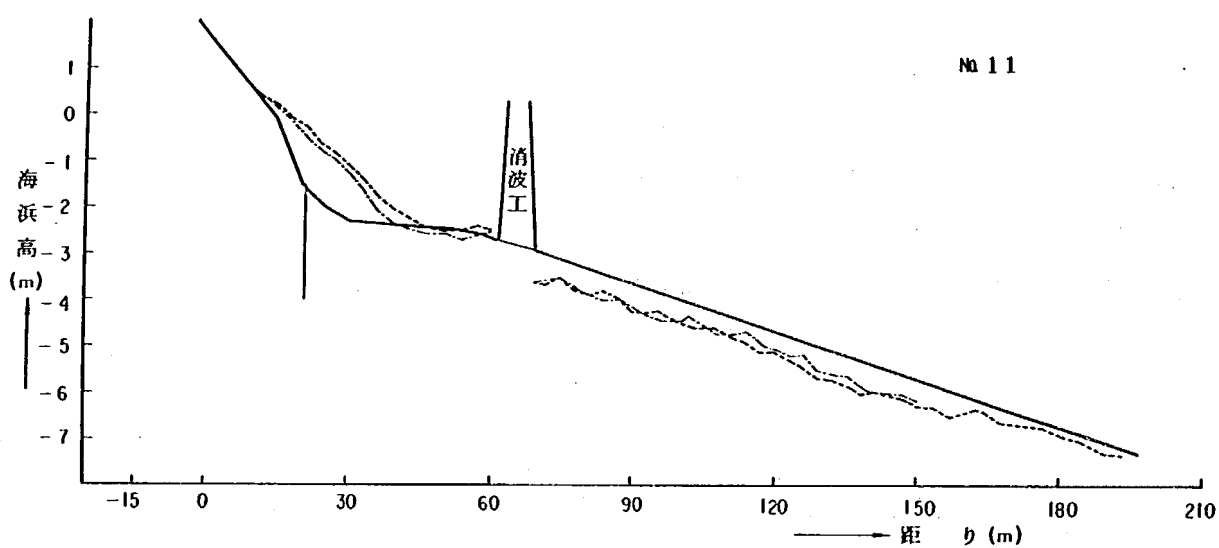
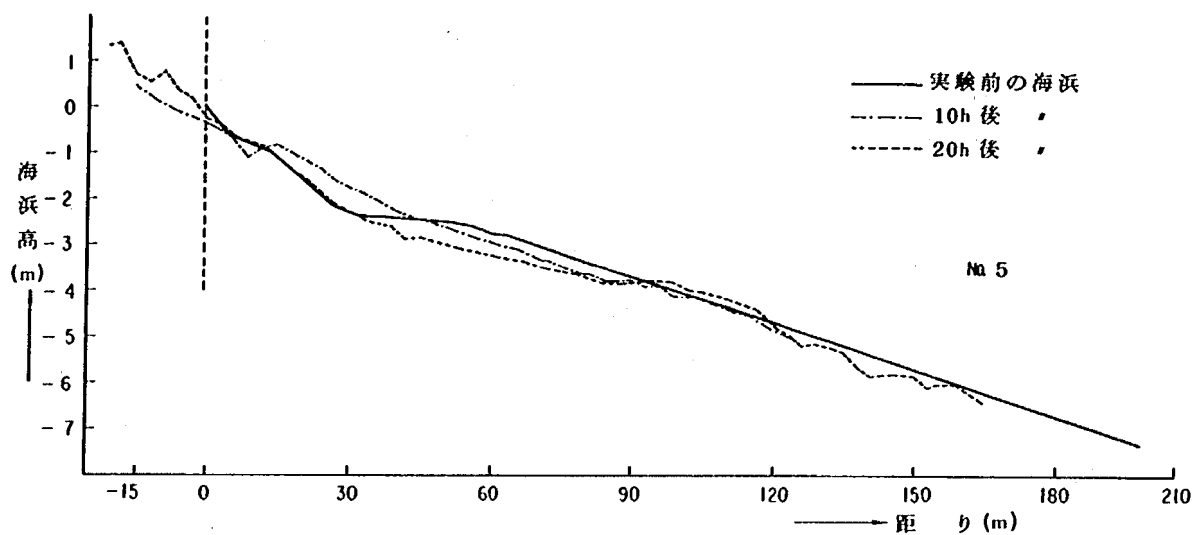


図-43 横断図(ケース1)

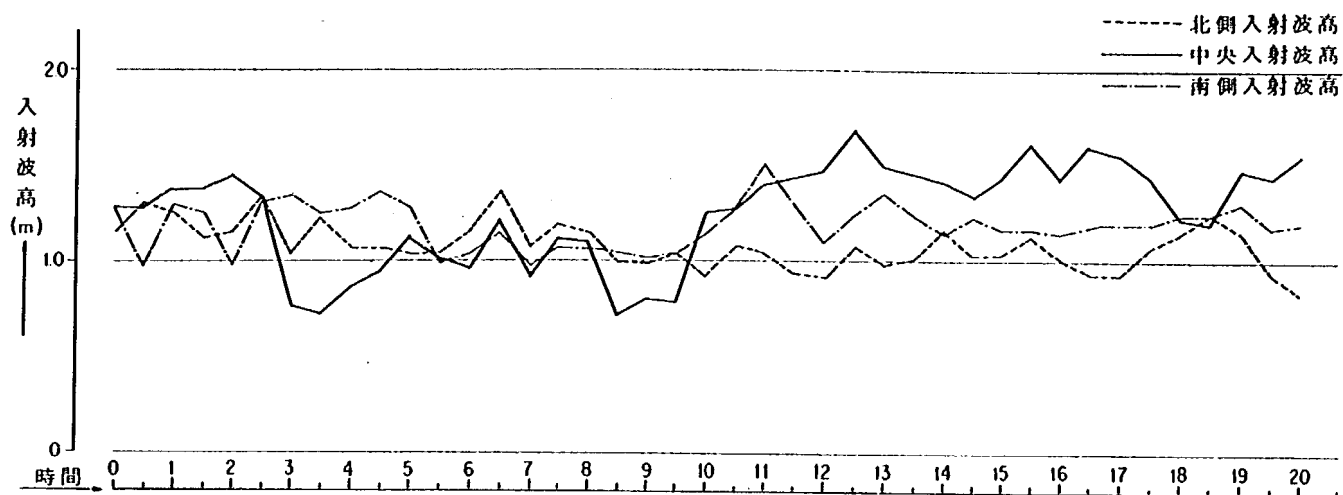


図-4-4 入射波高の時間変化(ケース2)

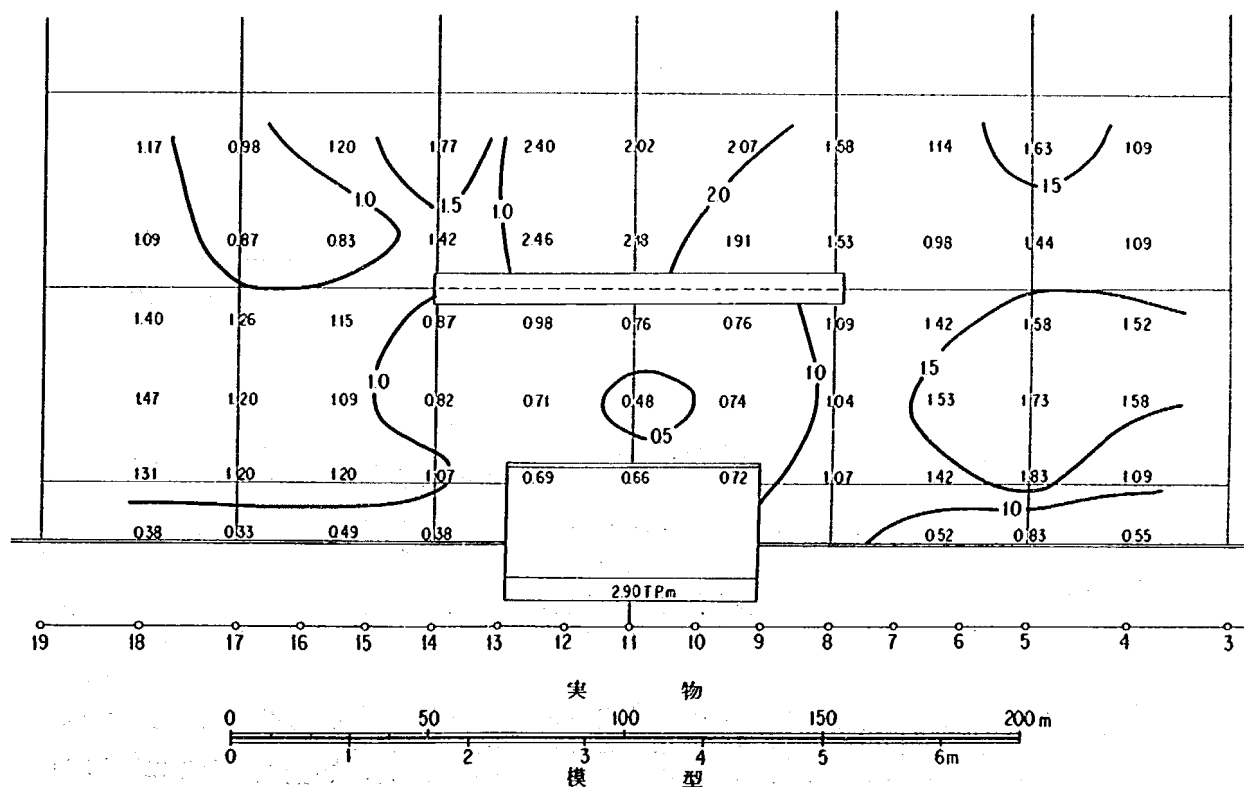


図-4-5 波高分布(ケース2)

流況と染料の拡散状況を図-4-6に示すが、離岸堤の沖から岸へ向う流れがあり、それが背後から両側と流れている。波高が小さく碎波帯の幅がせまいために沿岸方向の離岸堤背後へ向う流れはいちじるしくない。なお白丸が始点で黒丸が終点を示す。

初期の海浜形状と20時間波を作用させた後の海浜形状を比較したのが図-4-7であり、代表断面の形状を示したのが図-4-8である。波高が小さいために移動ははげしくないが、

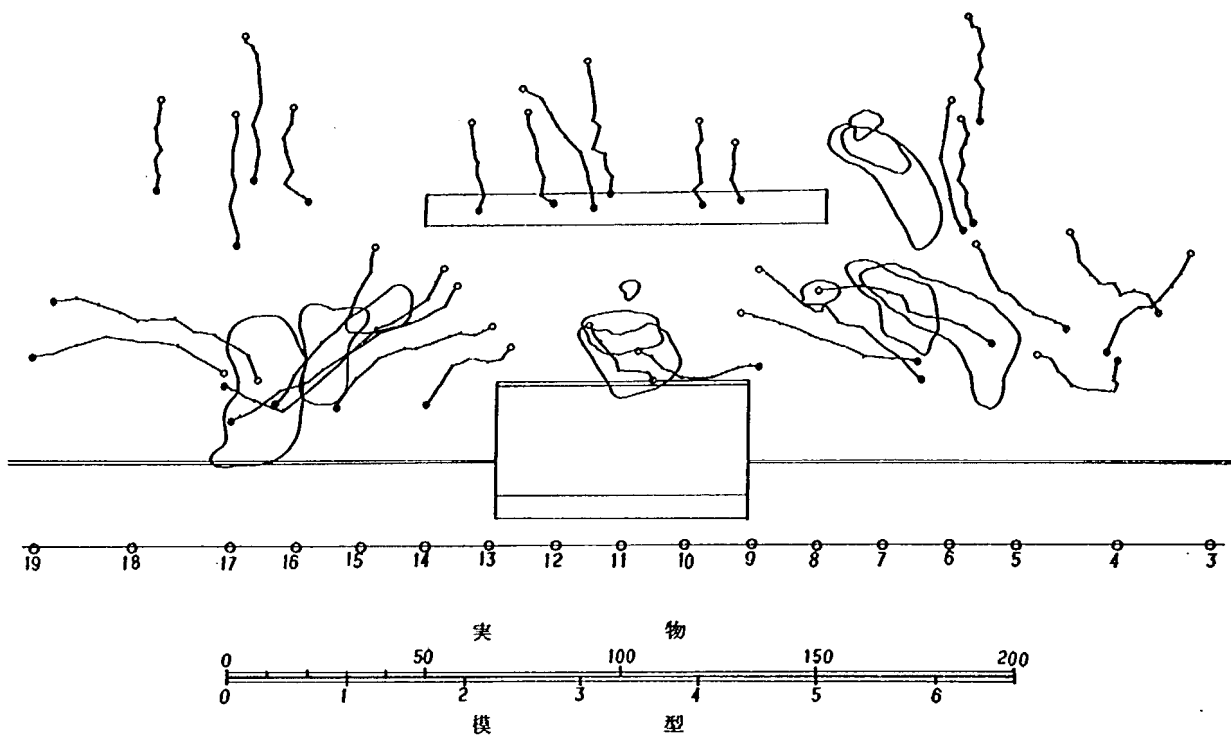


図-46 流況図(ケース2)

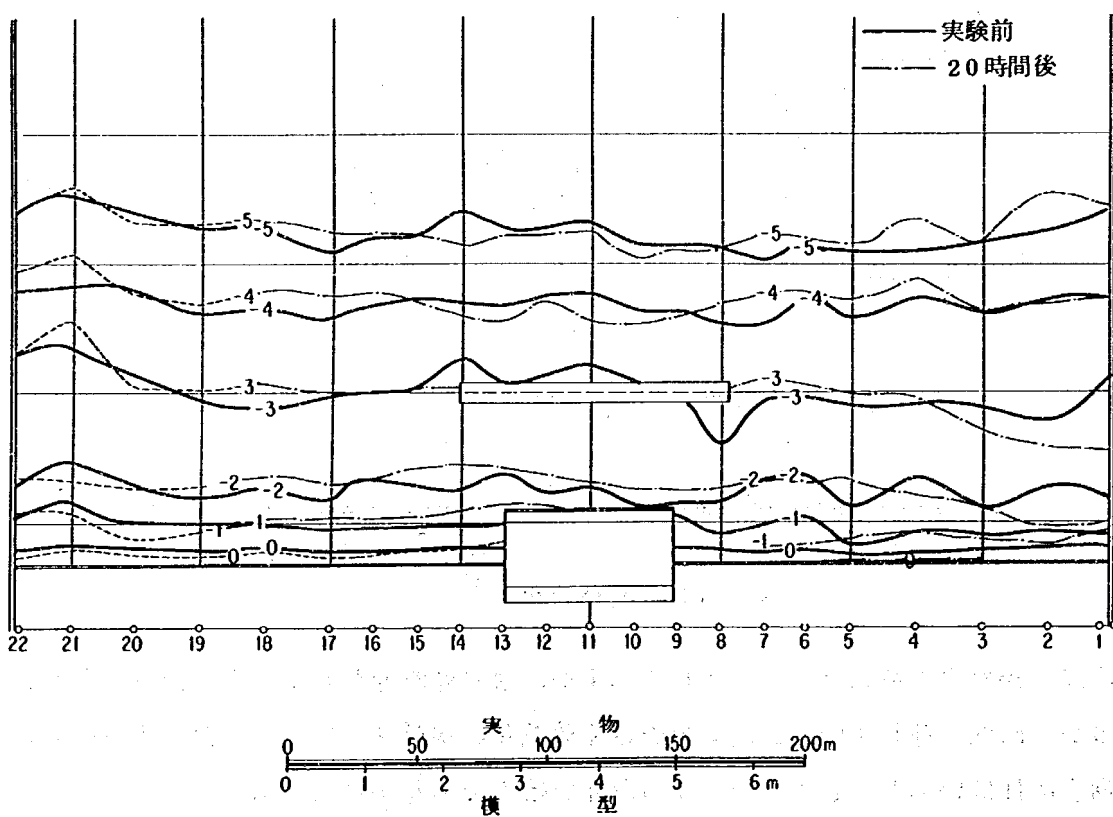


図-47 地形変化図(ケース2)

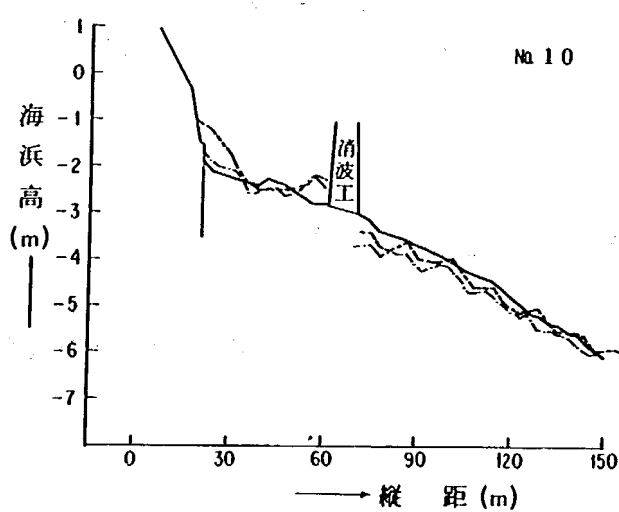
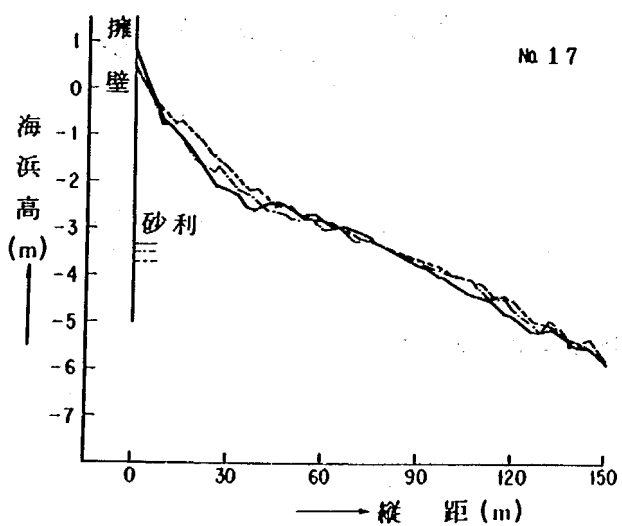
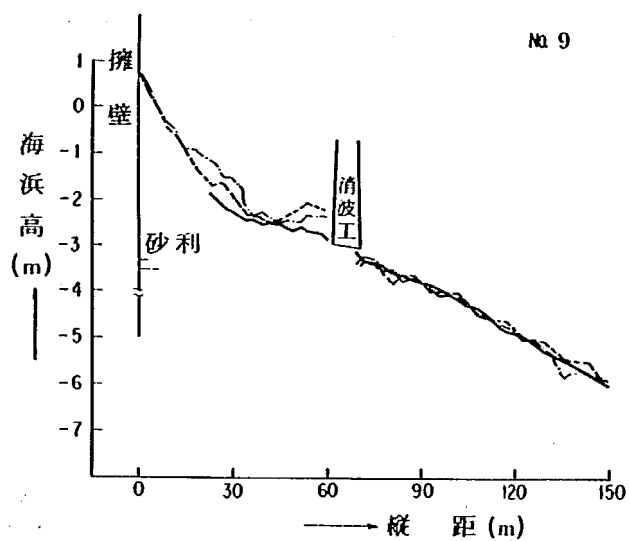
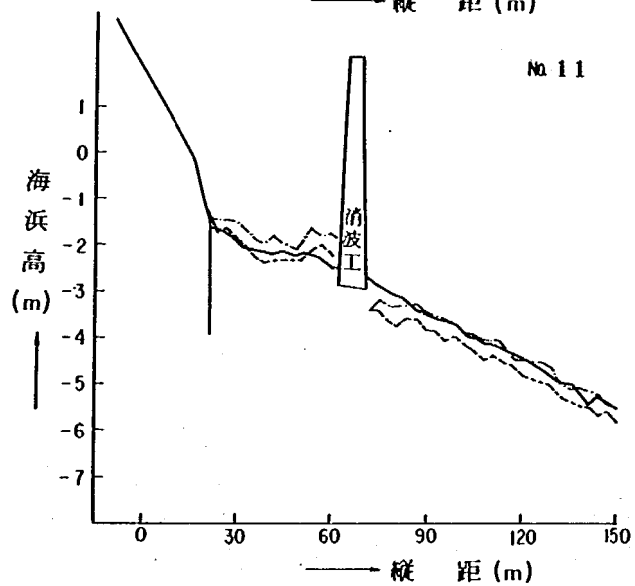
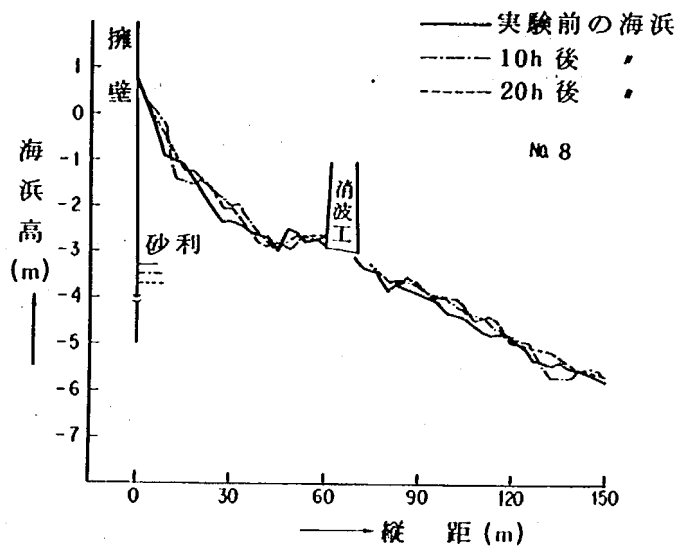
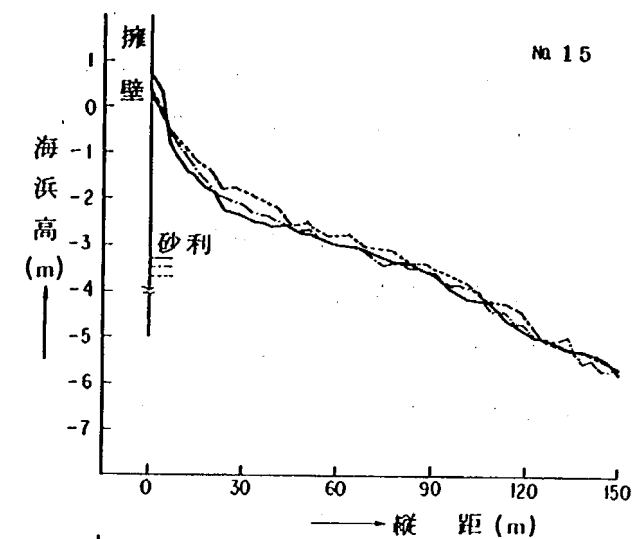


図-48 横断面図(ケース2)

離岸堤の沖ではケース1と同様に侵食の傾向を示し、背後に堆積している。ただ堆積状況は異なっており、ケース1では汀線付近に堆積していたのが、ケース2では汀線付近と離岸堤のすぐ岸側の2ヶ所に堆積している。初期形状との違いは離岸堤が設けられている場所を除いて大きくない。

ケース3は波高を大きくして実験を行なったもので、入射波高の時間変化を図-49に示す。ケース1と比較すると変動は小さいが、やはり場所によって波高が異なり、南側での入射波高が北側に比較して大きくなっている。また中央部は両側より小さい。波高の平面分布を図-50に示すが消波効果は50%程度であり、碎波の影響が表われて消波効率がよくなっている。

流況と拡散状況を図-51に示すがかなり複雑で沿岸方向に、循環するセルがいくつか並んでいる。これは波高分布が不均一のために生じたものと考えられる。

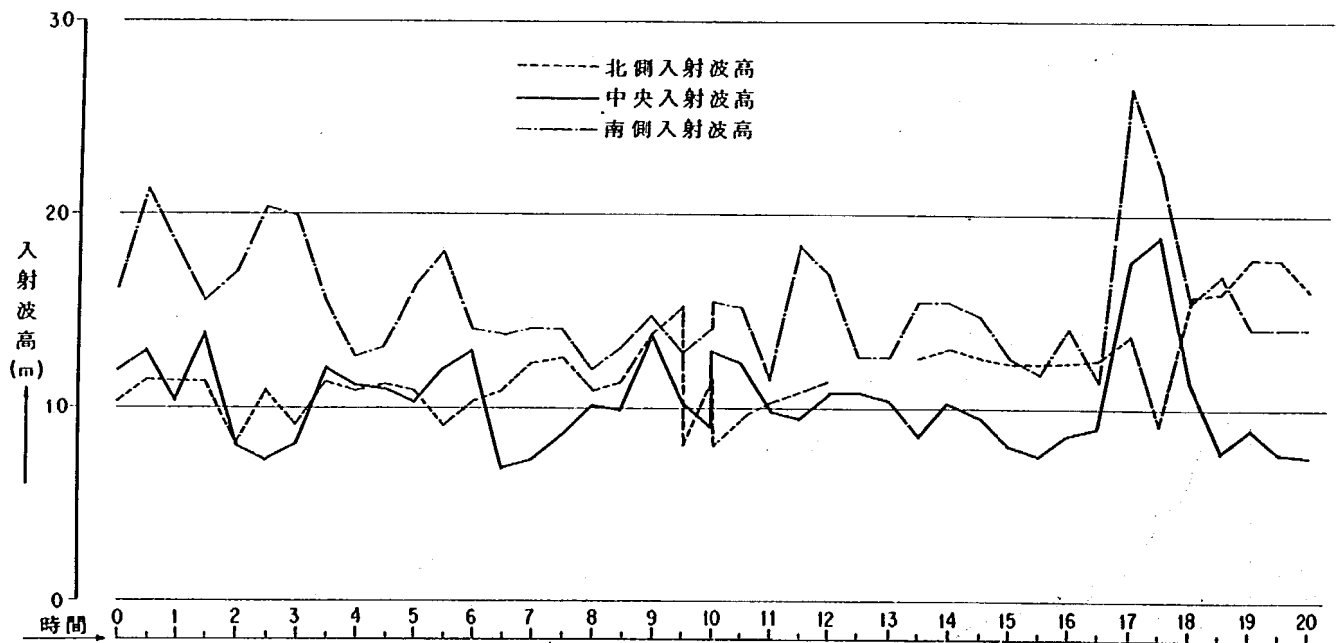


図-49 入射波高の時間変化(ケース3)

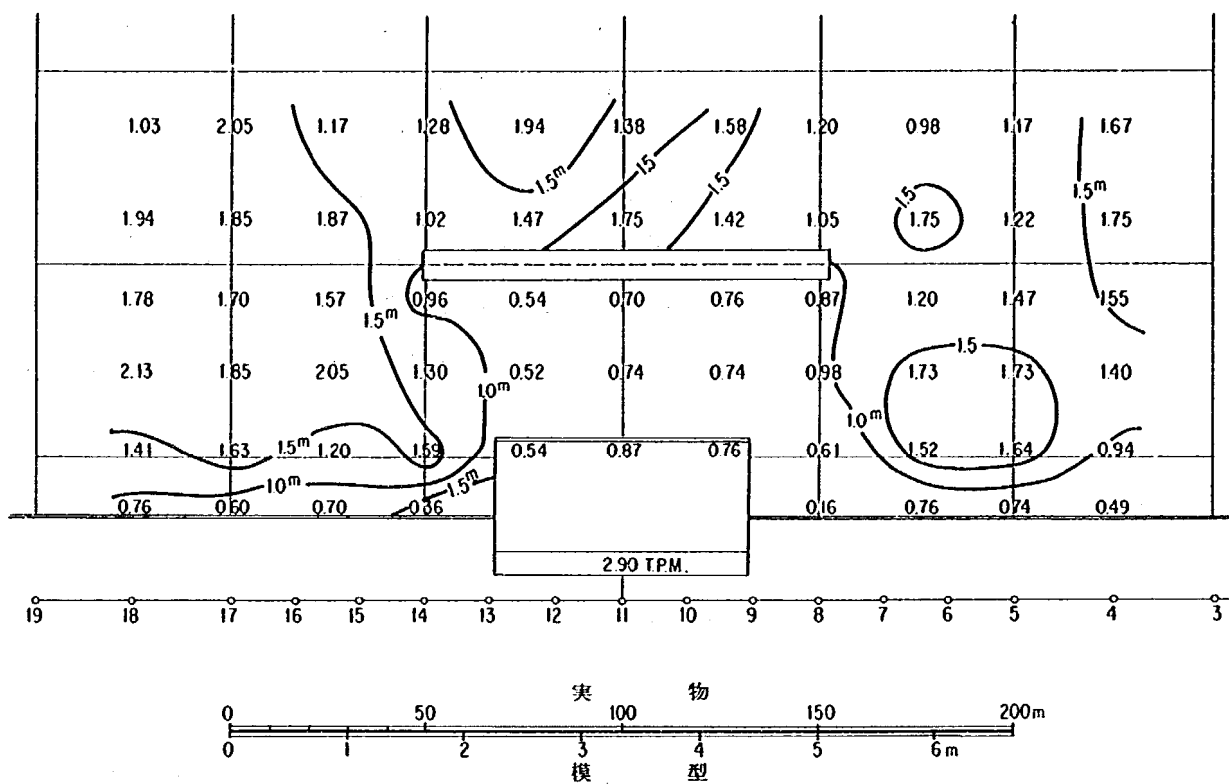


図-50 波高分布(ケース3)

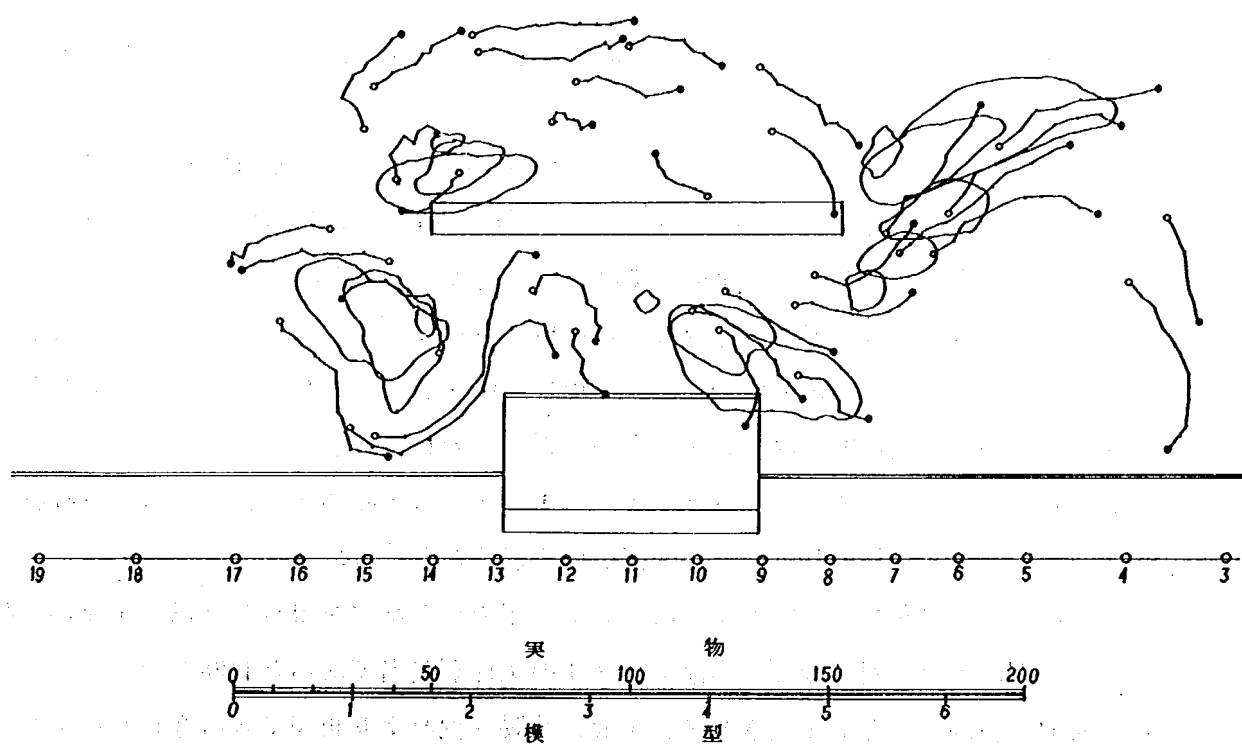


図-51 流況図(ケース3)

初期地形と波を20時間作用させた後の地形を示したのが図-52である。離岸堤の設けられている部分を除いて、汀線付近の底質は沖へ移動している。代表断面を図-53に示すが、海浜形状は汀線付近で勾配がきつくなり、沖への移動がある。また沖側の海底にはバーがある。離岸堤の沖側においては反射波と入射波が重複するためにその節と腹で海底地形が変化するのは当然であるが、離岸堤のない場合においても汀線付近の海底勾配がきつくなったために反射波があり、バーが発生したものと考えられる。離岸堤の岸側では堆積はしているが、その位置は汀線付近よりもむしろ離岸堤のすぐ岸側に堆積を生じている。

4.3.6 考 察

野田工区の離岸堤背後の地形変化状況を模型によって再現することを試み、実験を行なったが、相似にすべき項目としては、海浜の横断形状、砂の移動機構、砂の移動範囲などが考えられる。これらの項目についてケース1からケース3までの予備実験の結果を検討してみる。

海浜の横断形状については、波高の小さいケース2では底質の移動があまりないためにほぼ実物の形状と同じである。波高を増加させたケース1については、汀線付近の勾配は実物と同じであるが、水深2.5～3m付近の実物で生じているステップ状の地形は模型ではその発達がよくない。さらに波高の大きいケース3については逆にステップの発達がよく、したがって汀線付近では実物より海浜勾配がきつくなっている。また沖側にはバーが一定の間隔で生じている。

底質の移動機構については、ここで対象としたのが離岸堤による堆積であり、実物においては離岸堤による岸向きの流れによって汀線付近に堆積している傾向を示している。ケース2については離岸堤の背後に堆積しているが、汀線付近および離岸堤のすぐ岸側の堆積であり、ケース3についても、汀線付近の堆積は少なく、むしろ離岸堤のすぐ岸側に多く堆積している。一方ケース1については汀線付近に堆積しており、量としては実物より多くなっているが定性的には、移動状況が実物と一致していよう。

底質の移動範囲についてはケース2、ケース1、ケース3の順序で広がっているがケース3はかなり沖まで移動しており、範囲が広すぎると考えられる。

以上の検討の検討からすべての項目について満足できる結果を得ることはできなかったが、移動状況および範囲のほぼ妥当なケース1の条件が適当であると判断した。

波形勾配や波高をさらに変化させて、実際の移動状況をより再現できる条件を探すことも考えられるが、波形勾配については、これまでの実験結果によると石炭粉を用いた場合には、波形勾配が小さいと一定間隔でバーが生じる傾向を示すこと、また波高を変化させることについては変動があるためにあまり細かな調整はできないことなどの点から一応ケー

ス 1 の条件で本実験を行なうこととした。

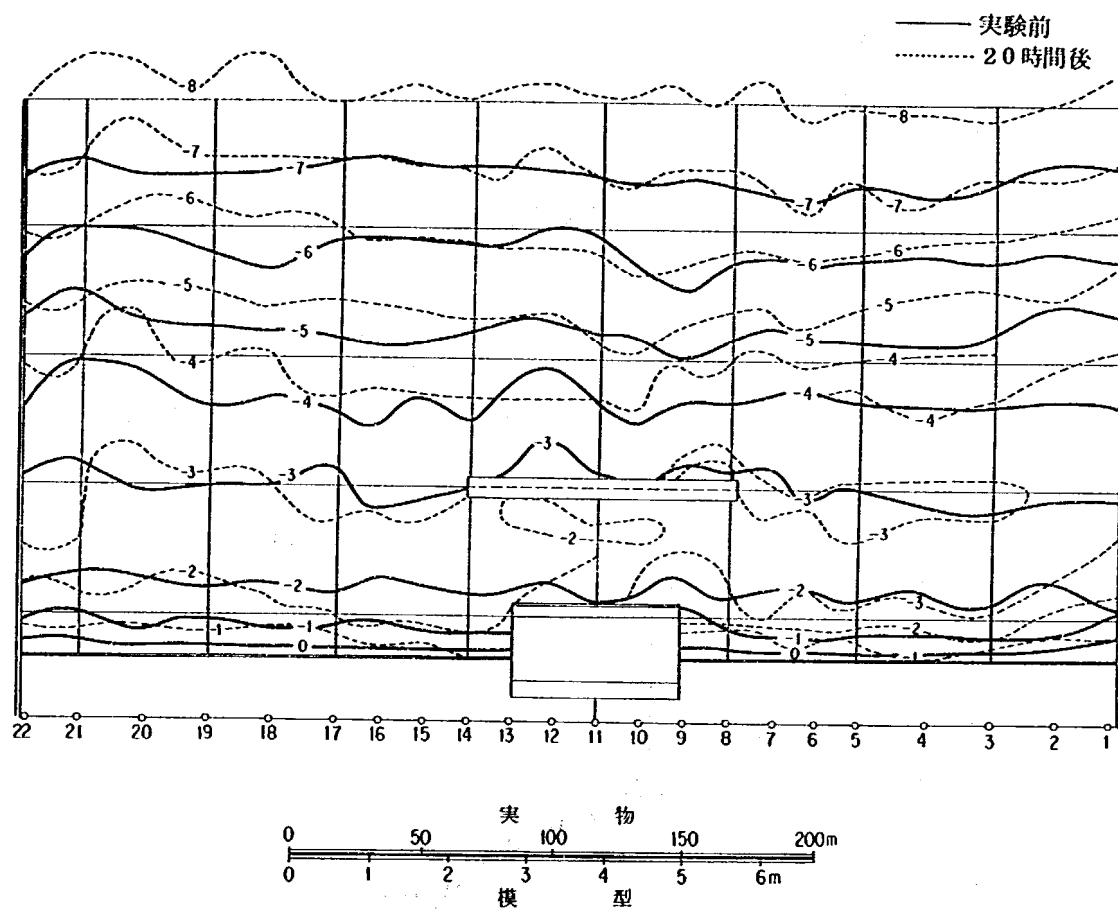


図-52 地形変化図(ケース3)

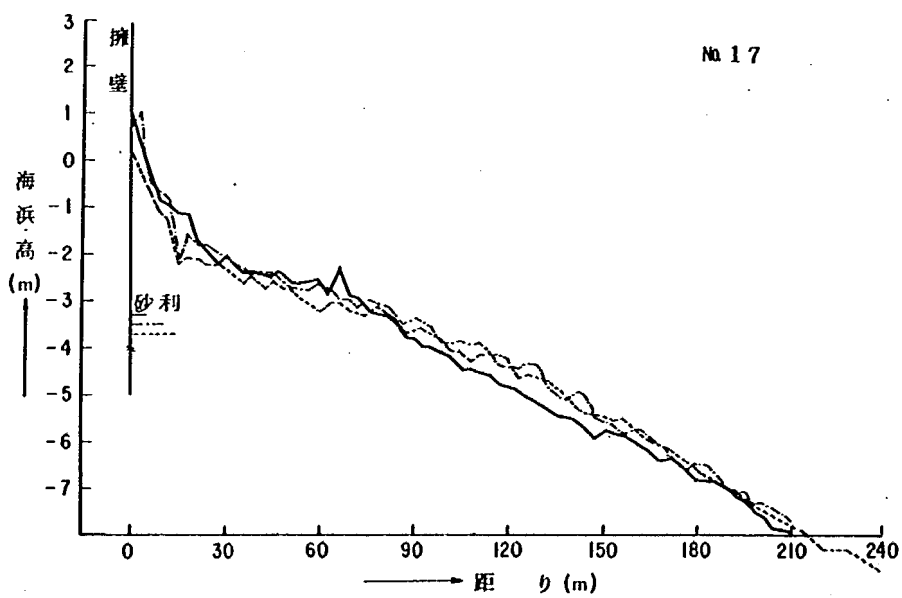
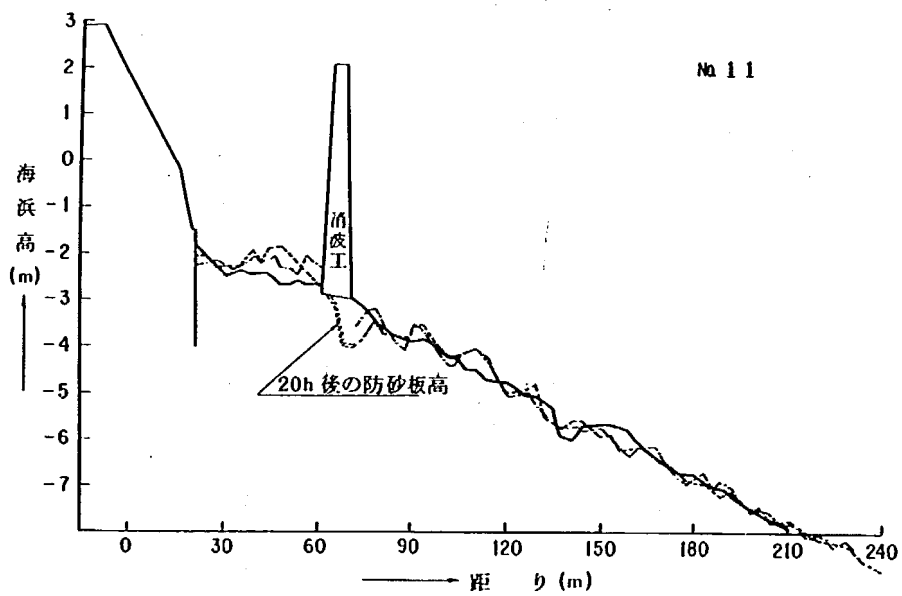
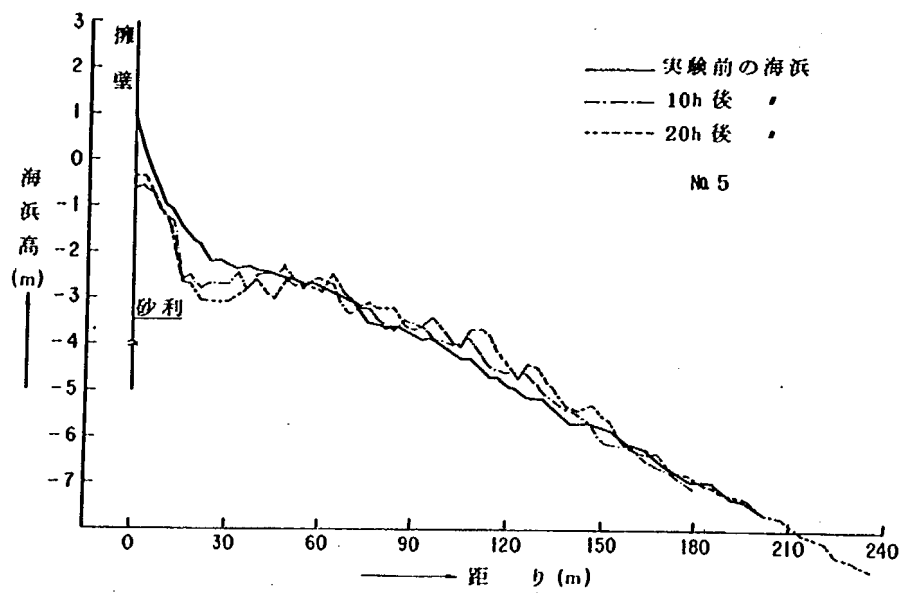


図-53 横断図(ケース3)

4.4 実験方法

本実験は主として消波工背後の堆積状況を調べるために行なうものであるから、さきに決定した底質および波浪条件のもとで消波工や物揚場などを配置し、それに波を作用させて、波高分布、うちあげ高、水位分布、流況、染料の拡散状況、地形等の測定を行なった。

実験に使用した水槽は固定床実験のものと同じであり、船揚場、物揚場、造波機等の配置については固定床実験に用いたものを使用した。海底については石炭粉によって整形し、その上に六脚ブロックによる消波工を設置している。また海浜の整形方法は予備実験と同様で実物の50m間隔の横断指示書により帯を作り、その間を木ごとで整形した。また締め固めるために整形後水槽内に給水を後ない、波を10波程度作用させた後に排水し、その後に地形測定を行なっている。

入射波高、波高分布、流況、染料の拡散状況、地形の測定については予備実験と同じ方法を使用した。またうちあげ高については、船揚場の位置では目盛による目視その他の場所については容量式波高計を使用した。

4.5 実験条件

海浜変化に関する波浪および潮位の条件に関しては、予備実験の結果にもとずいて波高1.2m、周期1.2sec 潮位T.P.+0.25mとした。波向については海岸線に対して直角に入射する場合と、消波工の南側に小河川がありこれが漂砂の供給源となると考えられるために南側から入射する場合と北側から入射する場合について実験を行なった。構造物の配置については、連続消波工、南側に開口部を設けた場合、北側および南側に開口部を設け沿岸漂砂の対策のために突堤を設けた場合について実験を行なった。これらの条件をまとめて表-4に示す。また構造物の配置については図-54に示す。

表-4 実験条件(移動床)

項目 ケース	波 高		周 期		潮 位		波向	構 造 物 等	摘 要
	実物	模型	実物	模型	実物	模型			
1	m 1.2	cm 4.0	sec 4.4	sec 0.80	T.P.m 0.25	cm 0.8	直角	離岸堤1基	野田工区 予備実験
2	1.0	3.3	4.6	0.84	"	"	"	"	" "
3	1.5	5.0	5.6	1.02	"	"	"	"	" "
4	1.2	4.0	4.4	0.8	"	"	"	連続消波工	今津工区
5	"	"	"	"	"	"	"	南側開口部1ヶ所	" 開口部の影響検討
6	"	"	"	"	"	"	南15°	"	" "
7	"	"	"	"	"	"	"	南及北側開口部突堤	" 開口部及突堤の影響検討
8	"	"	"	"	"	"	北15°	" "	" "

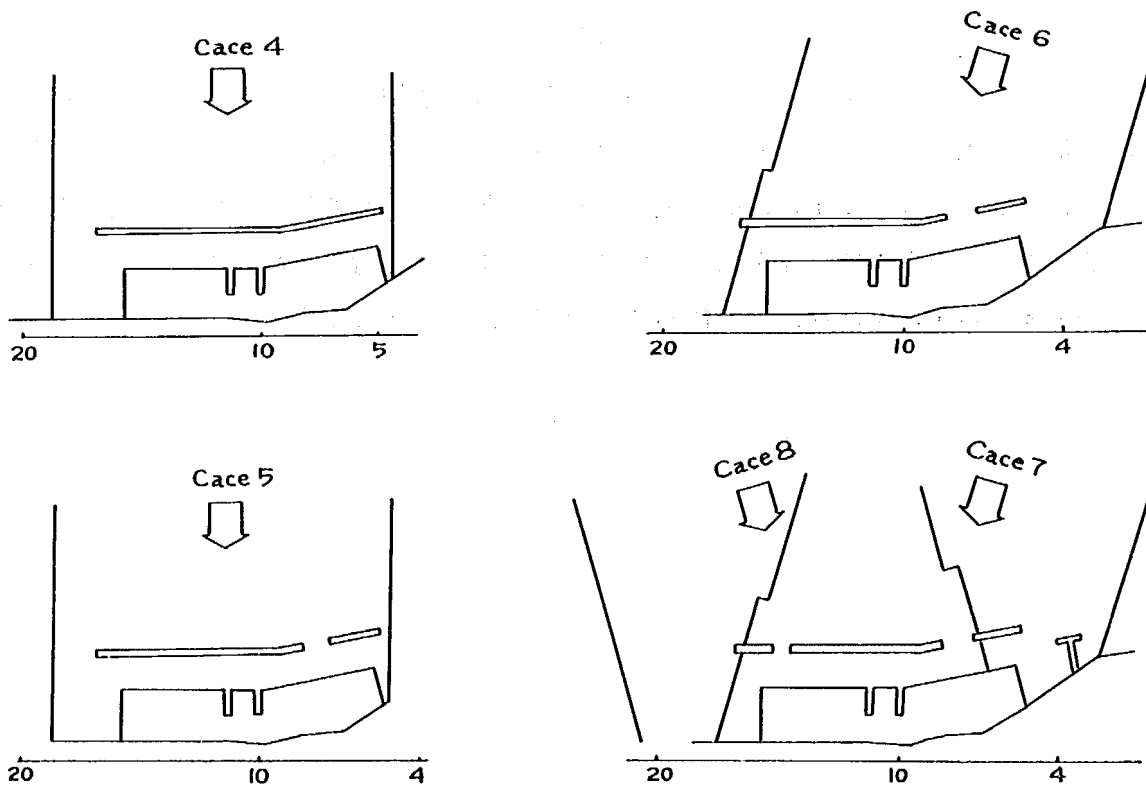
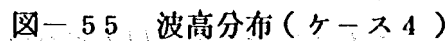


図-54 構造物配置図(移動床)

突堤についてはT字型突堤を用い長さ20 m, 先端部の幅は30 mとし, 2 tonの六脚ブロック2段積みで天端高T.P. 1.2 m, 天端幅2.9 m, 底面幅4.4 mである。

4. 6. 1 ケース 4

波高分布を図-55に示すが、消波工の岸側では波はかなり消波され、透過率としては50%程度になっている。うちあげ高については潮位が低く、波高が小さいために高くなく、最大うちあげ高でもT.P. +1.0 m以下であった。



流況および染料の拡散状況については図-56に示すが南から北へ向う流れが消波工の岸側で生じている。また平均水位については消波工の岸側では2 cm程度の上昇を示している。

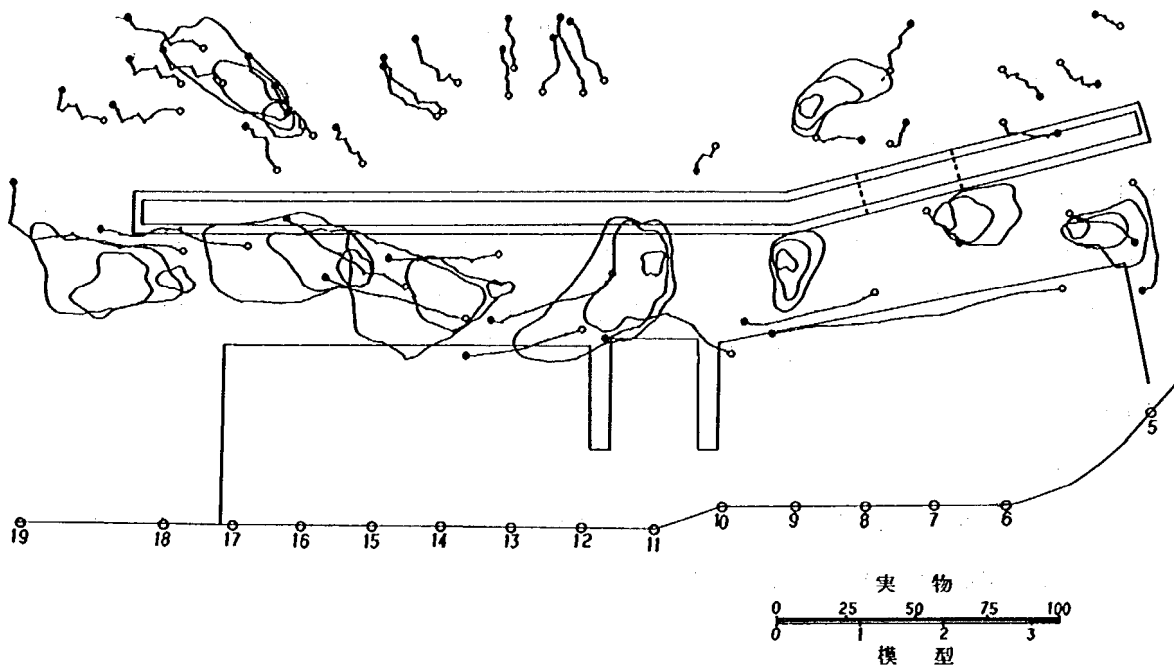


図-56 流況図(ケース4)

地形変化状況については図-57に初期形状と波を20時間作用させた後の形状を示すが、消波工が連続して設けられているために移動が少なく、南端のNo.5.5および北端のNo.18付近を除いては地形変化があまり生じていない。消波工の端部においては回折波によって消波工の背後に向って底質が移動し堆積する現象が生じている。また消波工の沖側では平均的には変化はないが部分重複波によって一定間隔でバーが生じている。代表的な横断形状を図-58に示す。部分的な洗掘として、物揚場南側の先端付近に直立壁の反射によるものがあった。また船揚場の北側の隅角部で一部洗掘を生じている。消波ブロックの安定性についてはほぼ安定であった。

4.6.2 ケース5

南側に35mの開口部を設けた場合に直角に波が入射する条件で行なった。入射波高の時間変化についてはケース4と同様に反射波が生じたために変動はあるが、南側及中央部についてはほぼ一定しており、一方北側については波高が大きくなっている。波高分布を図-59に示すが、開口部を設けたためにそこから侵入する波がある。うちあげ高については開口部で高くなっているがそれでもT.P. 1.0 m以下である。

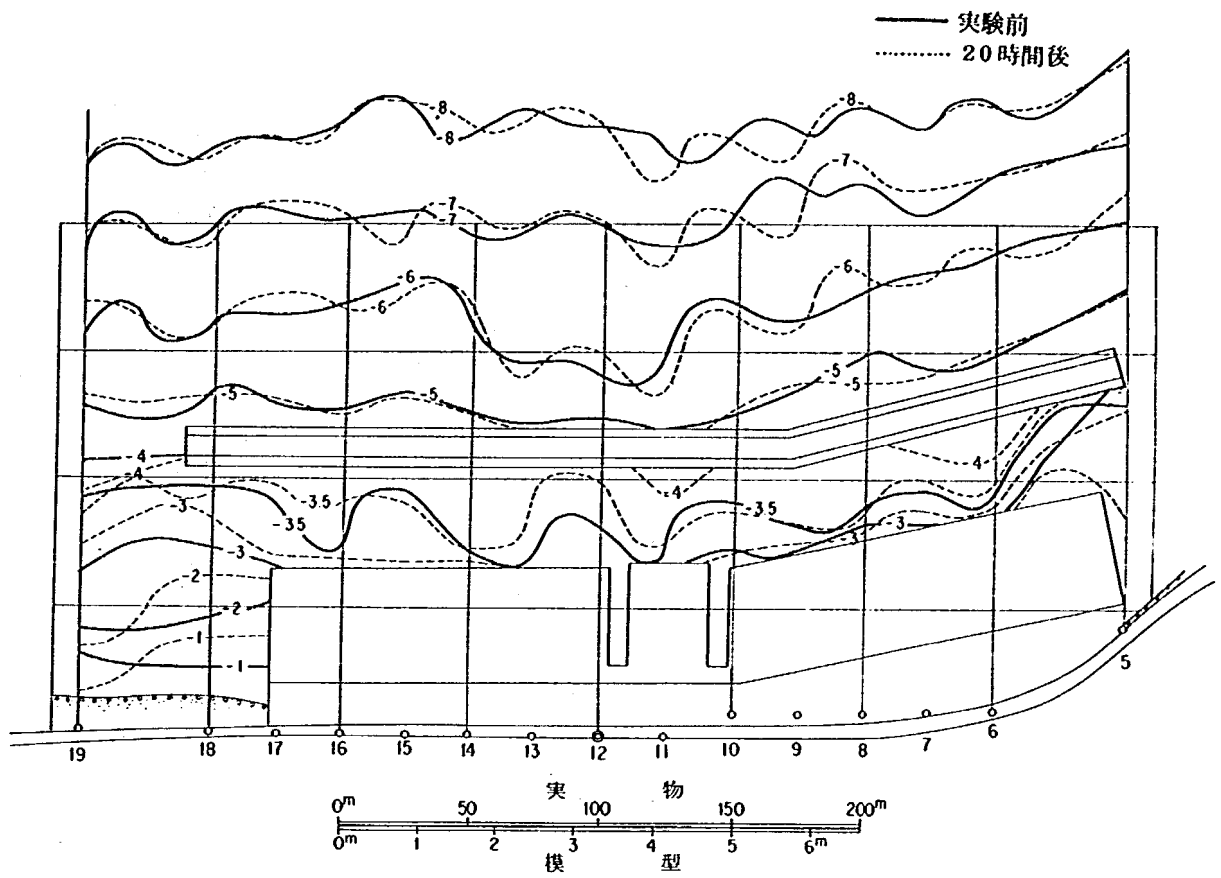


図-57 地形変化図(ケース4)

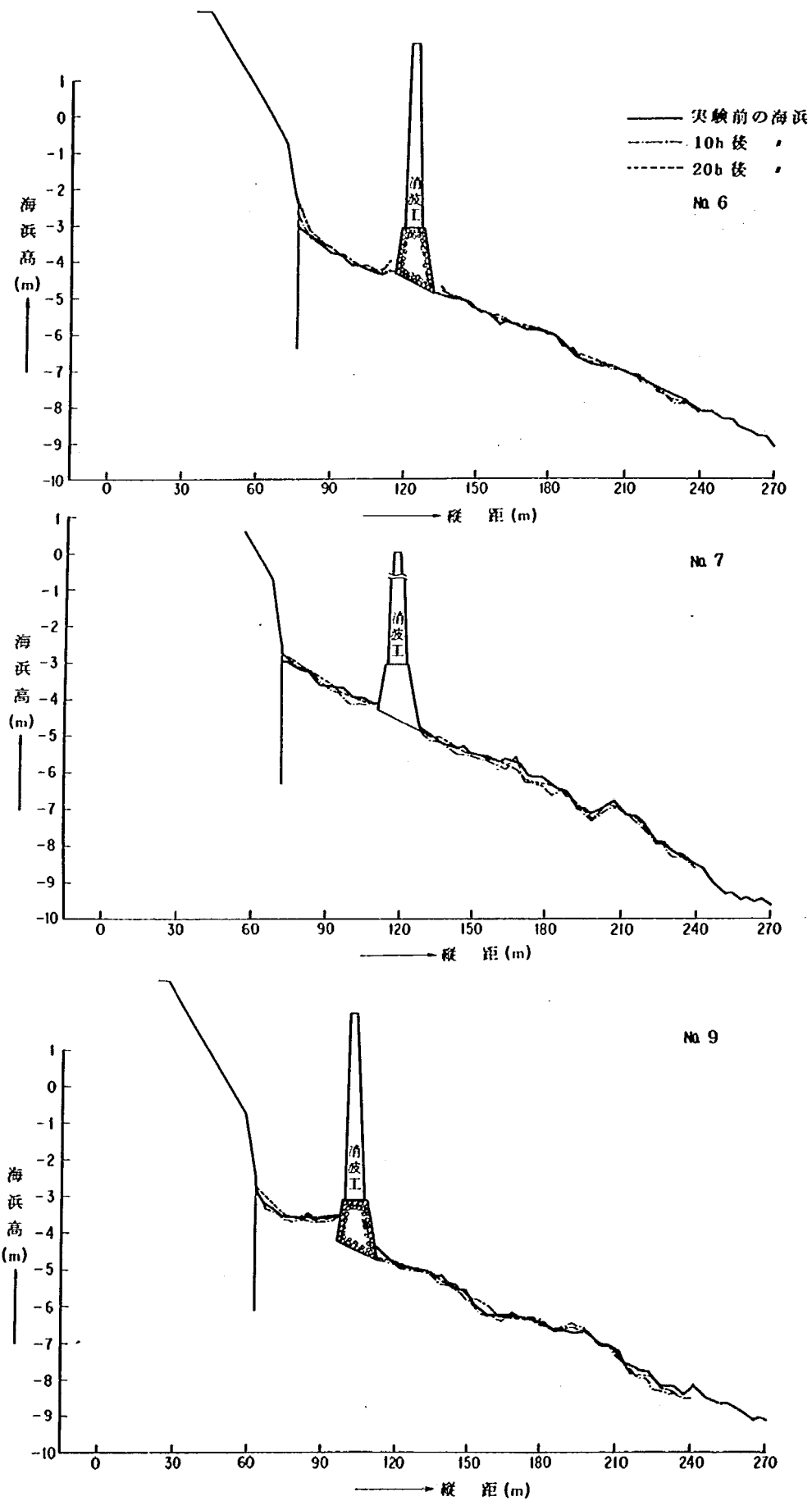


図-58-1 横断図(ケース4)

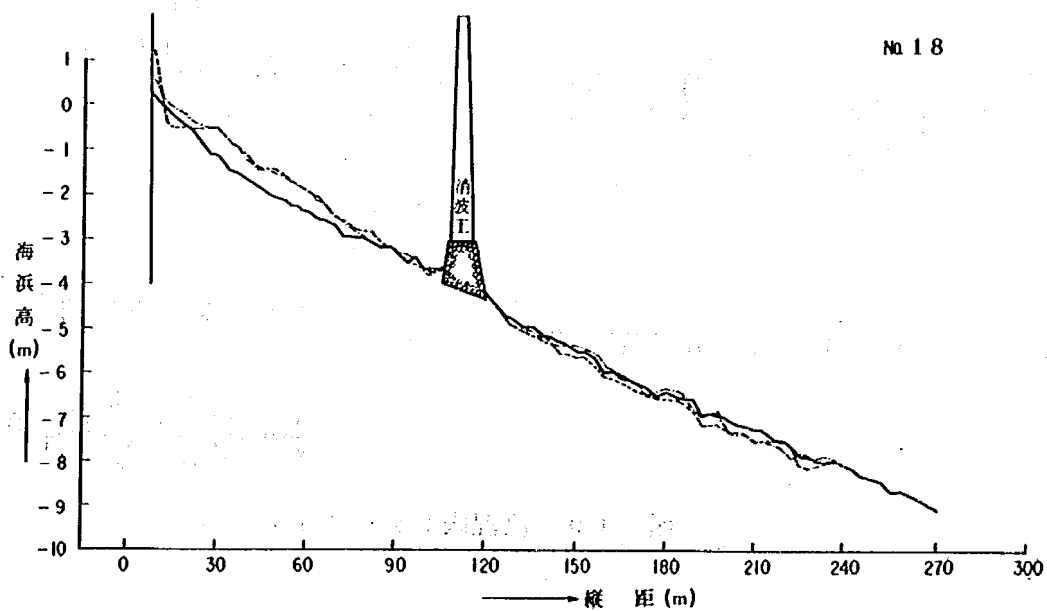
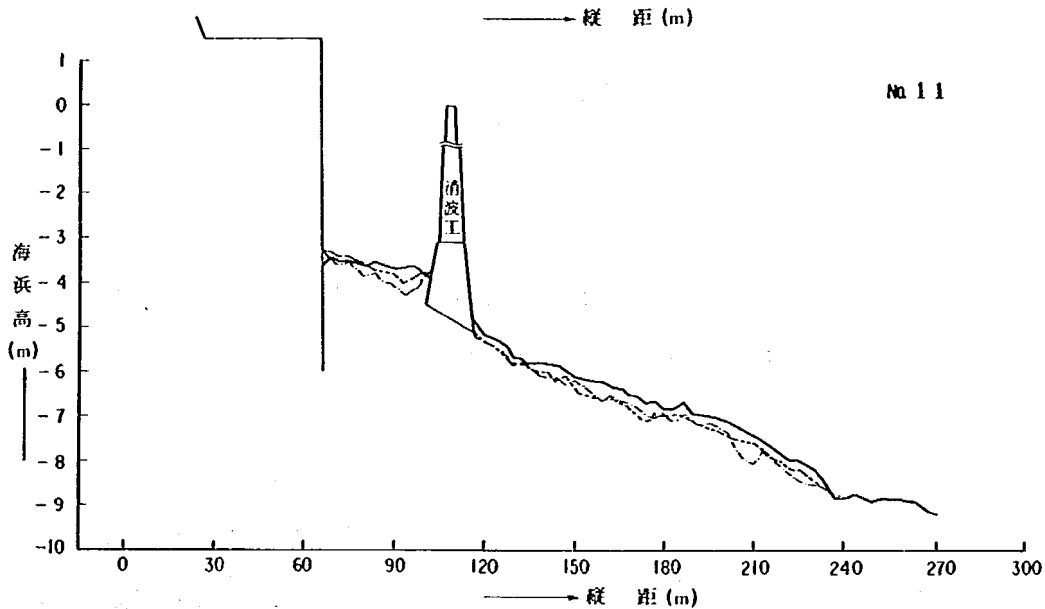
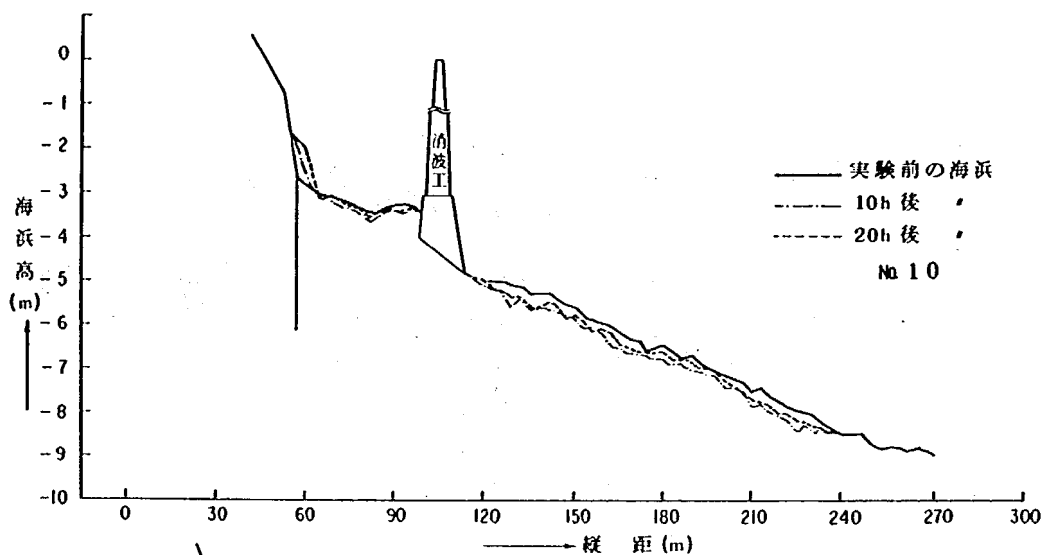


図-58-2 横断図(ケース4)

地形変化については図-61に初期形状と波を20時間作用させた後の形状を示す。ケース4と同様に消波工北側の端部岸側に回折波による堆積を生じ、また南側に開口部を設けたために、南側消波工は離岸堤と同じ機能を発揮しその背後に堆積を生じている。ただその背後への移動は主として南側の侵食によって生じ、開口部での海浜の後退はあまり大きくない。また消波工のほぼ中央に位置する断面No.13, 14, 15の消波工岸側においても海底が浅くなっている。これはケース4でも堆積量は少ないが同様の傾向を示しており、静穏域へ底質が沈降したものと考えられる。代表断面の変化状況を図-62に示す。物揚場南側では沿岸流が沖へ向い、また直立壁前面で重複波が生じるために底質が沖へ移動し、物揚場南側に沿って洗掘を生じている。また部分的な洗掘としてNo.6とNo.7の中間の位置で回折波によって船揚場ののり尻の洗掘が生じている。

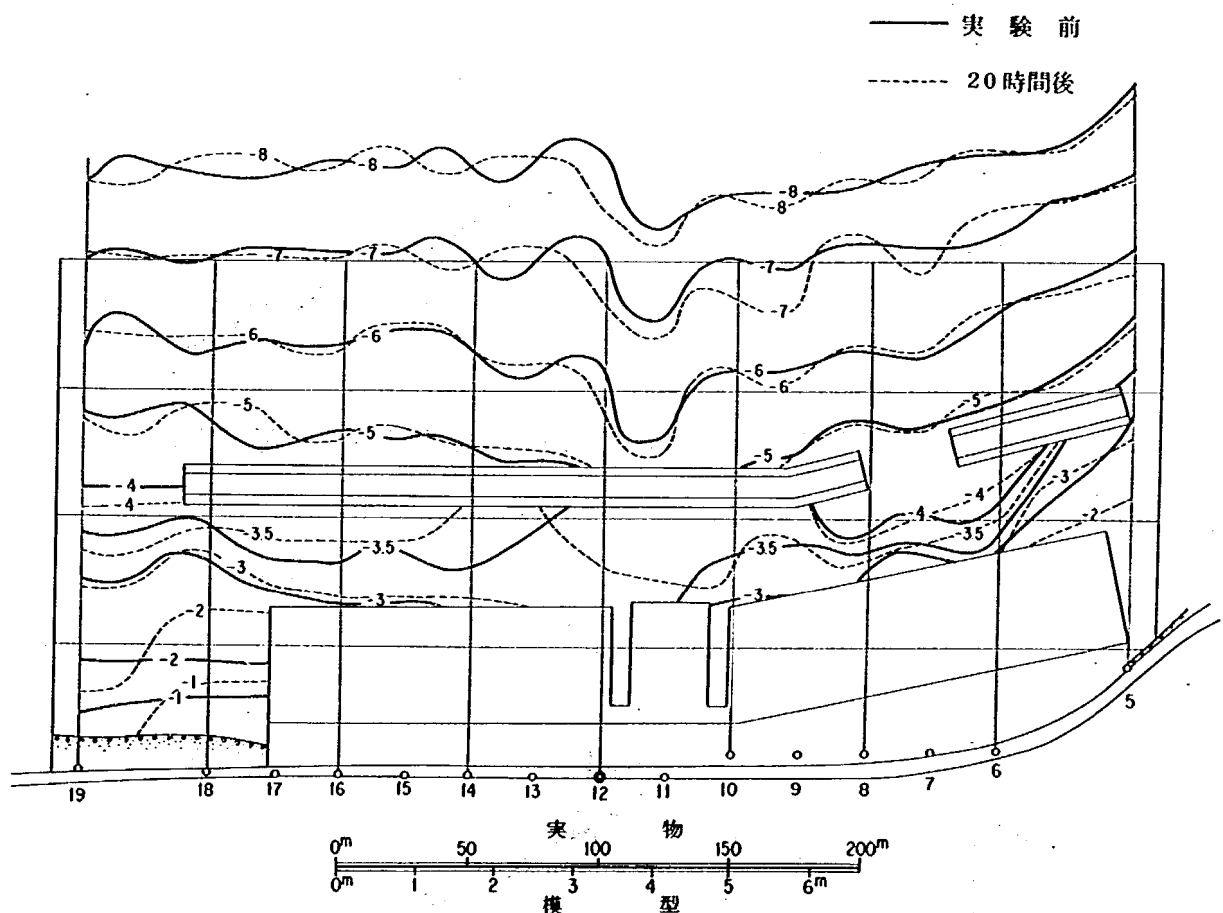
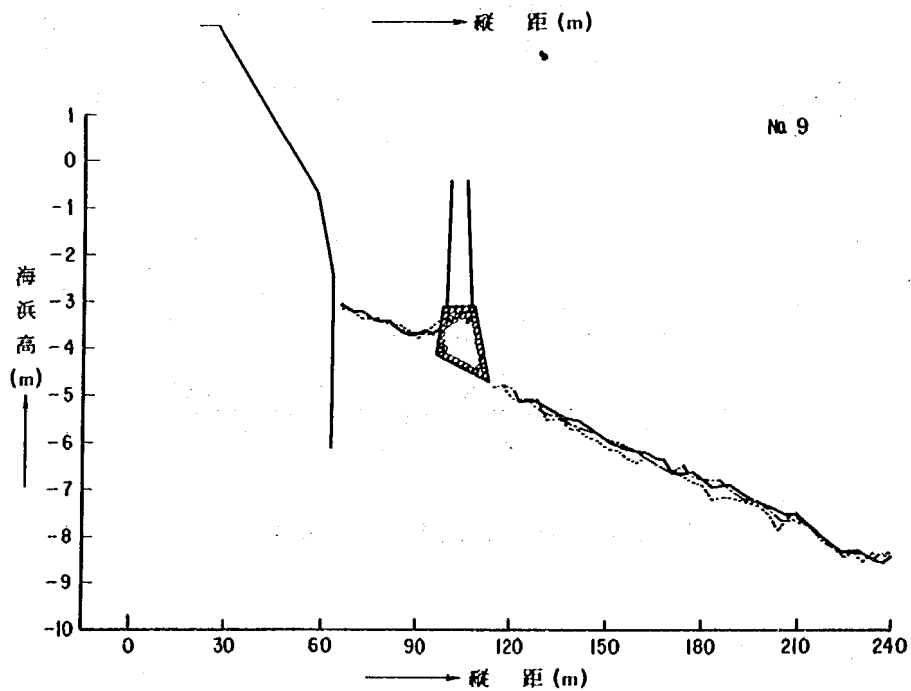
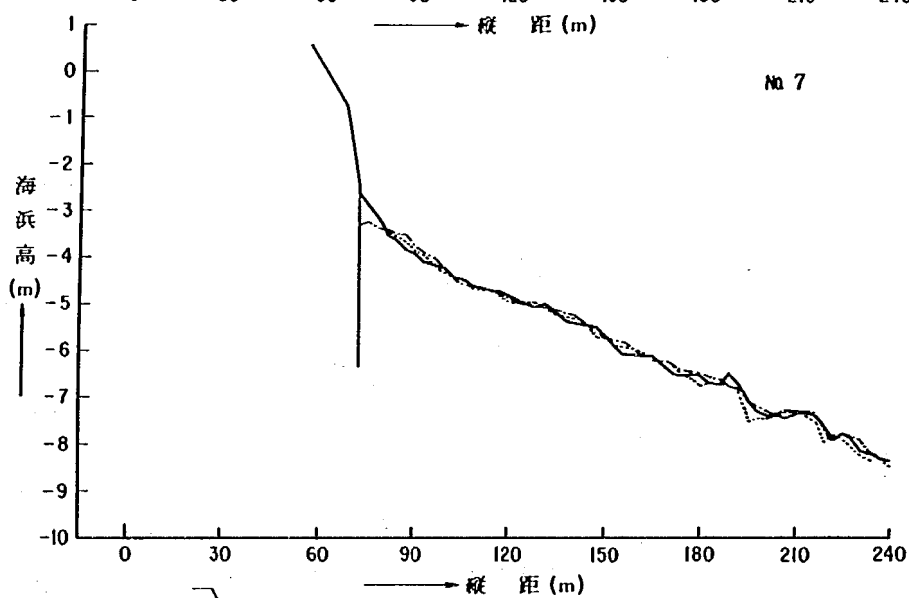
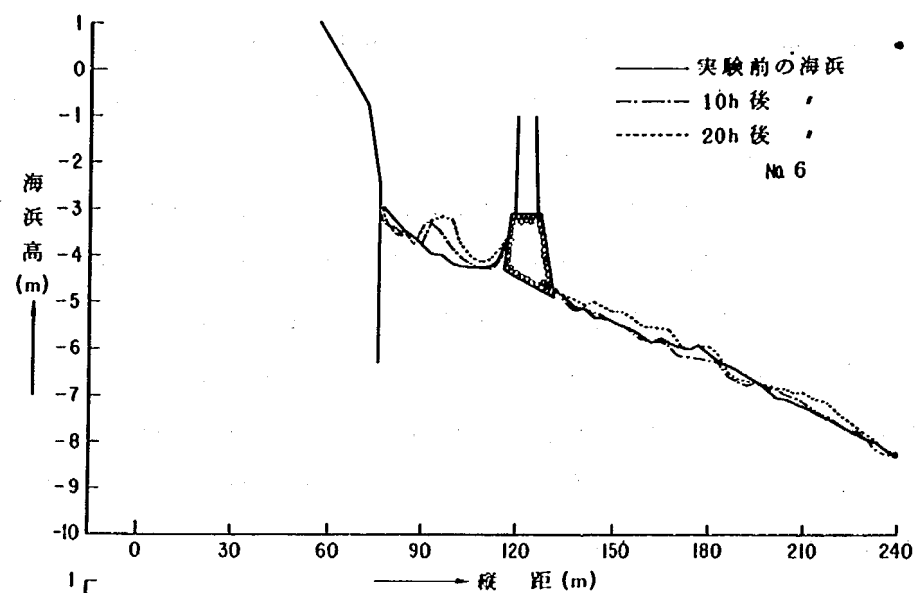


図-61 地形変化図(ケース5)



図一62-1 横断図(ケース5)

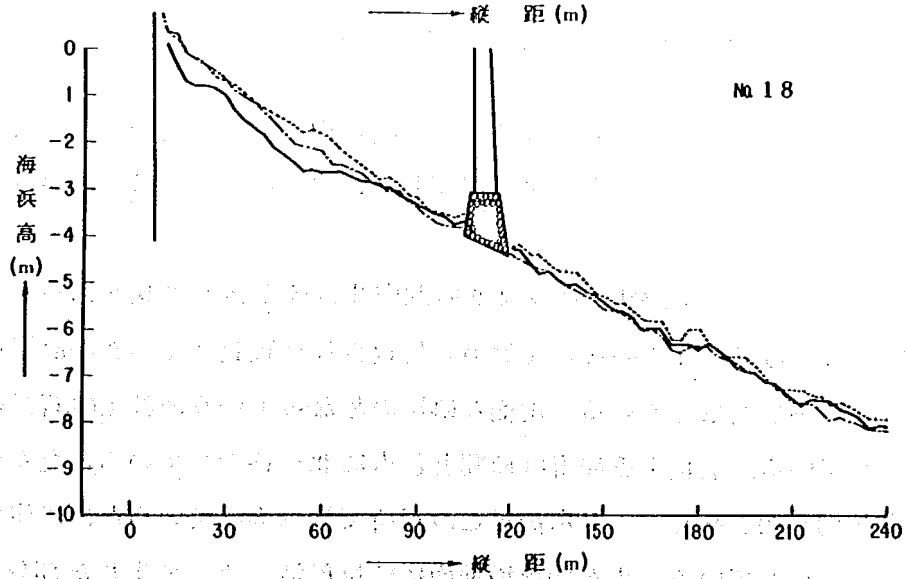
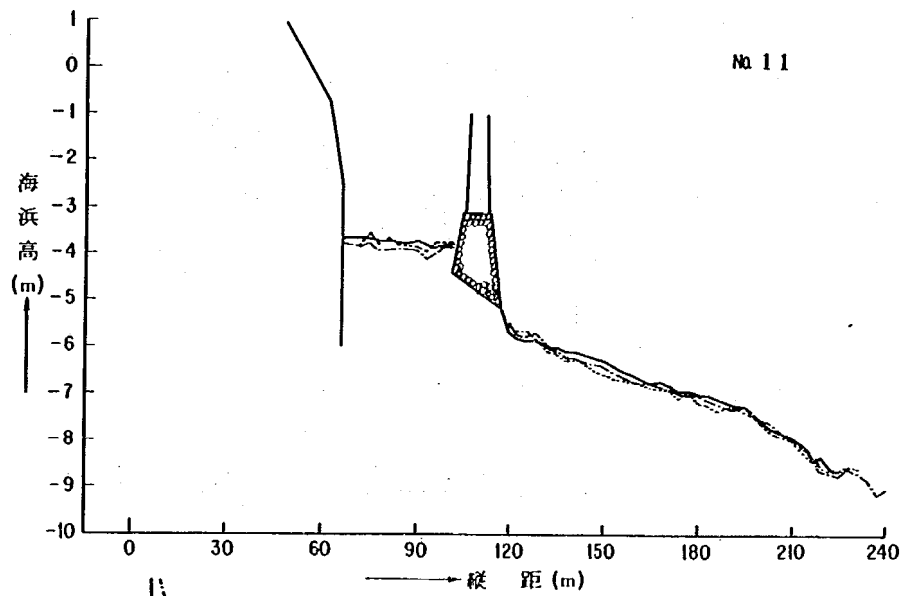
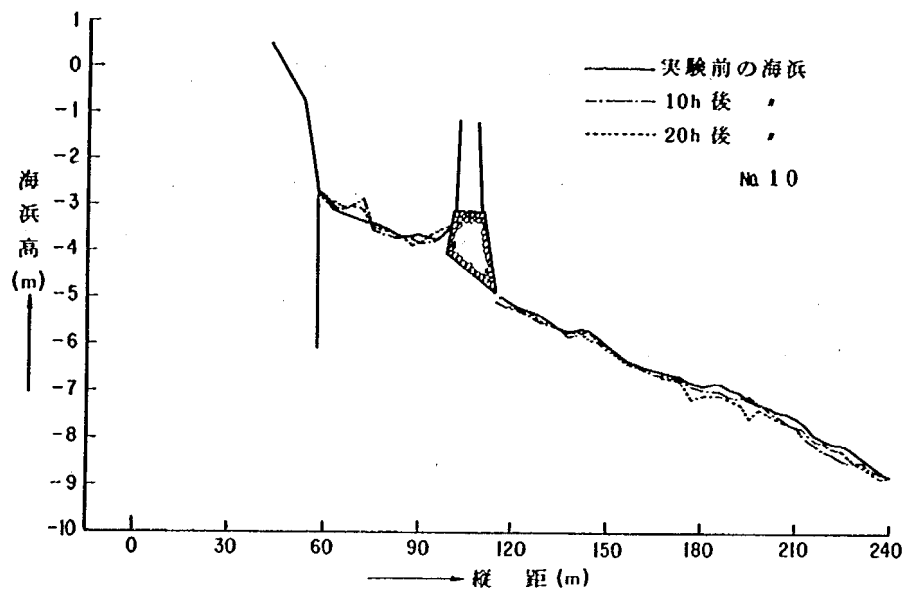


図-62-2 横断図(ケース5)

4. 6. 3 ケース 6

沿岸漂砂による影響を明らかにするために、ケース 5 の構造物の配置に対して南側から波を入射させて地形変化を調べた。

入射波については消波工に南から斜めに波が入射し反射波が生じるために、北側では波高が増大している。波高分布については図-63に示す。消波工の沖側においては反射波のために波高分布は格子状になっている。消波工の背後においては波高が減少しているがケース 5 と分布状況はあまり変わらない。

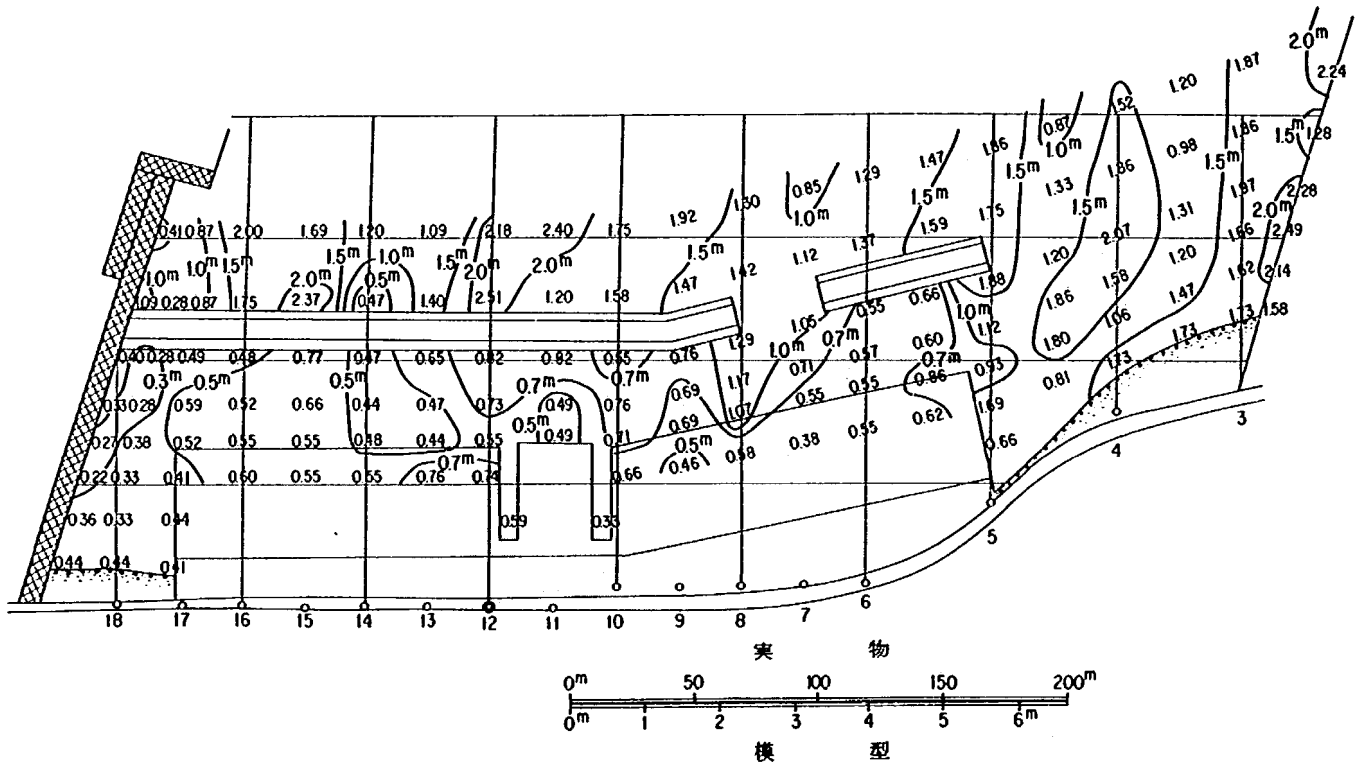


図-63 波高分布(ケース6)

流況と染料の拡散状況については図-64に示すが、南からの入射波によって北向きの沿岸流が生じている。沿岸流は開口部から沖へ出ており、また開口部ではケース5と同様に循環流が生じている。

地形変化状況については初期形状と波を20時間作用させた後の形状を図-65に示す。南側の消波工によって防護されていない海浜から侵食された底質は北向きの沿岸流によって消波工の背後に移動し堆積している。南側の離岸堤となっている消波工の背後のみならず、開口部にも堆積している。堆積する場所は時間とともに北へ移動している。ただ物揚場の南側直立壁が突堤と同じ働きをして、沿岸流がこの場所で沖へ向っているために岸側では侵食を、沖側では堆積を生じている。また物揚場前面には反射波によって生じた部分重複波によって一定間隔でバーが生じている。北側ではほとんど地形変化は生じていない。消波工の沖

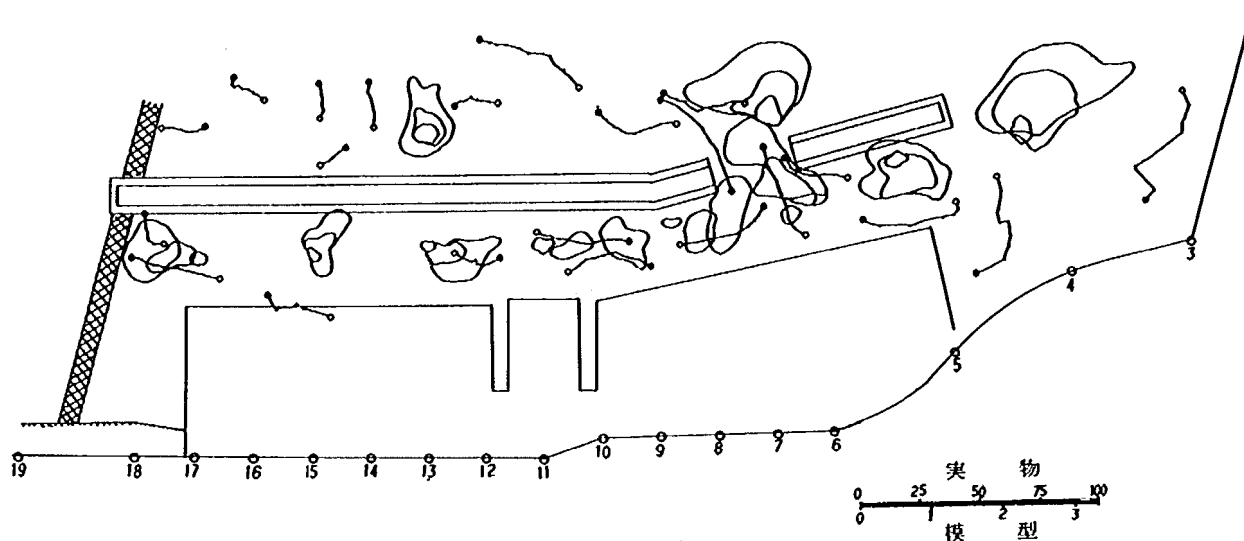


図-64 流況図(ケース6)

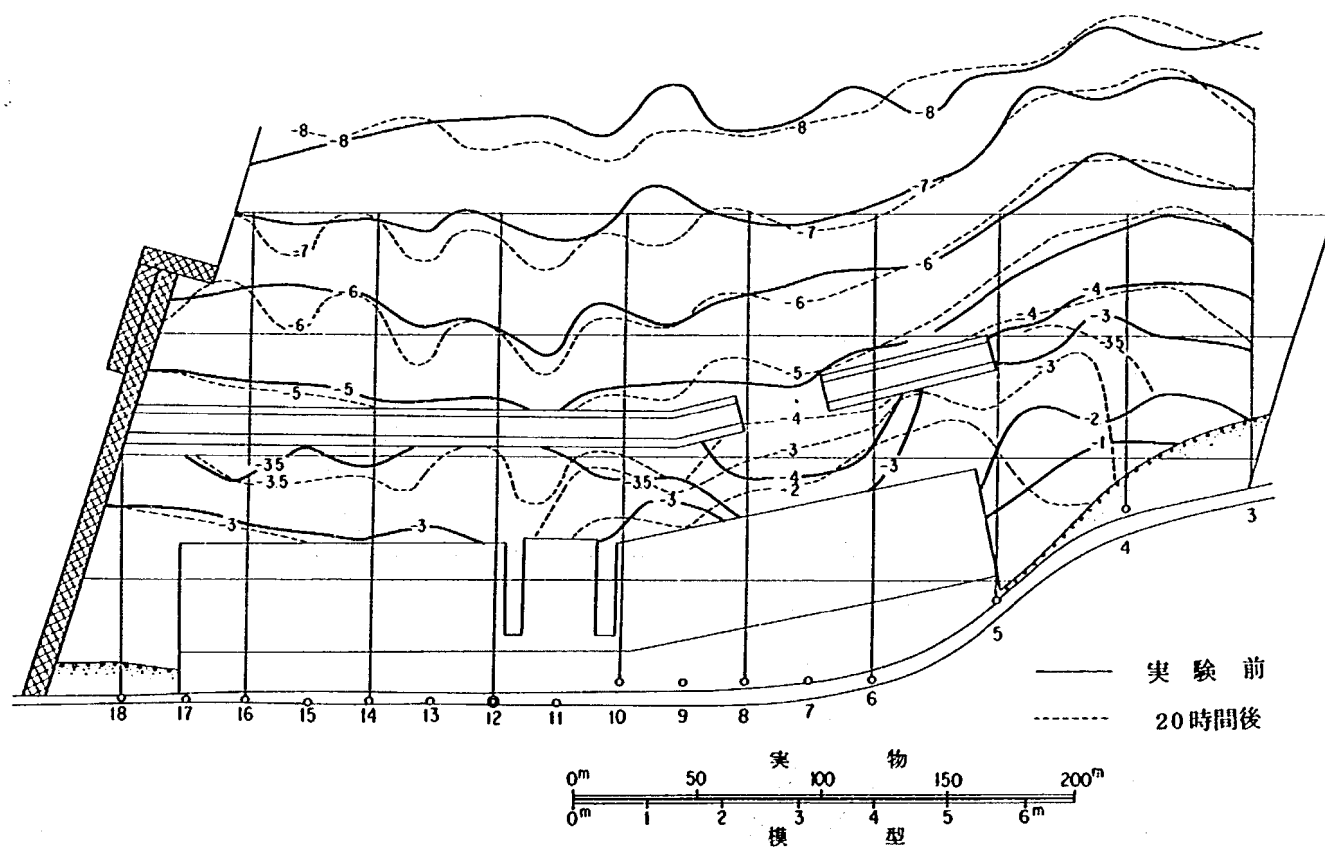


図-65 地形変化図(ケース6)

側では反射波による一定間隔のバーが生じているが、変化量としては多くない。横断形状を図-66に示す。消波工で防護されていない場合には汀線付近をテトラポッドによって保護した。堆積量は侵食量と対応しているために、侵食が進まないような対策を講じれば堆積量も減少する可能性がある。

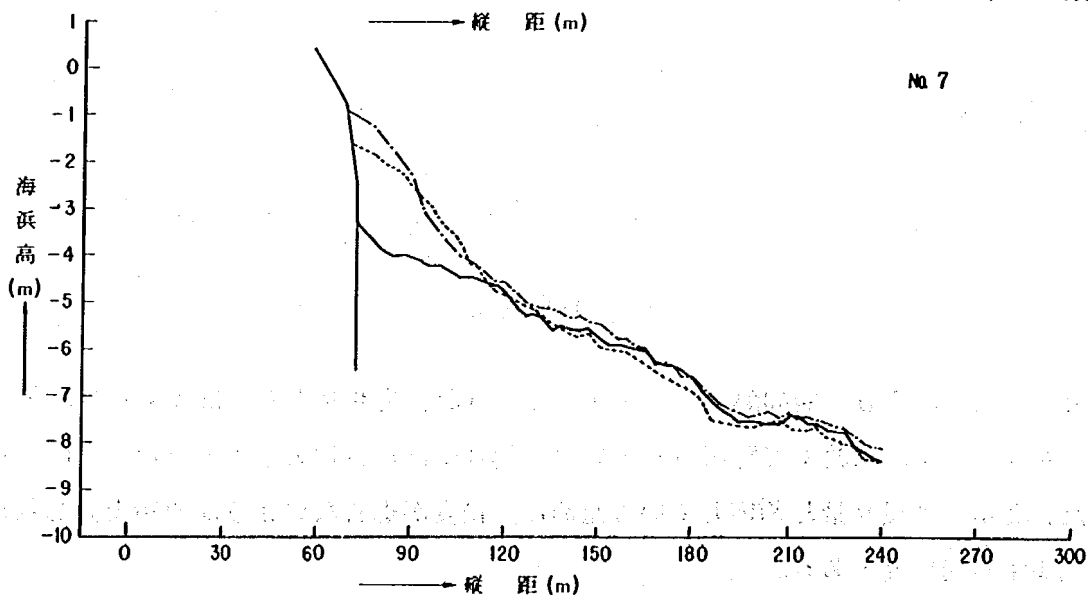
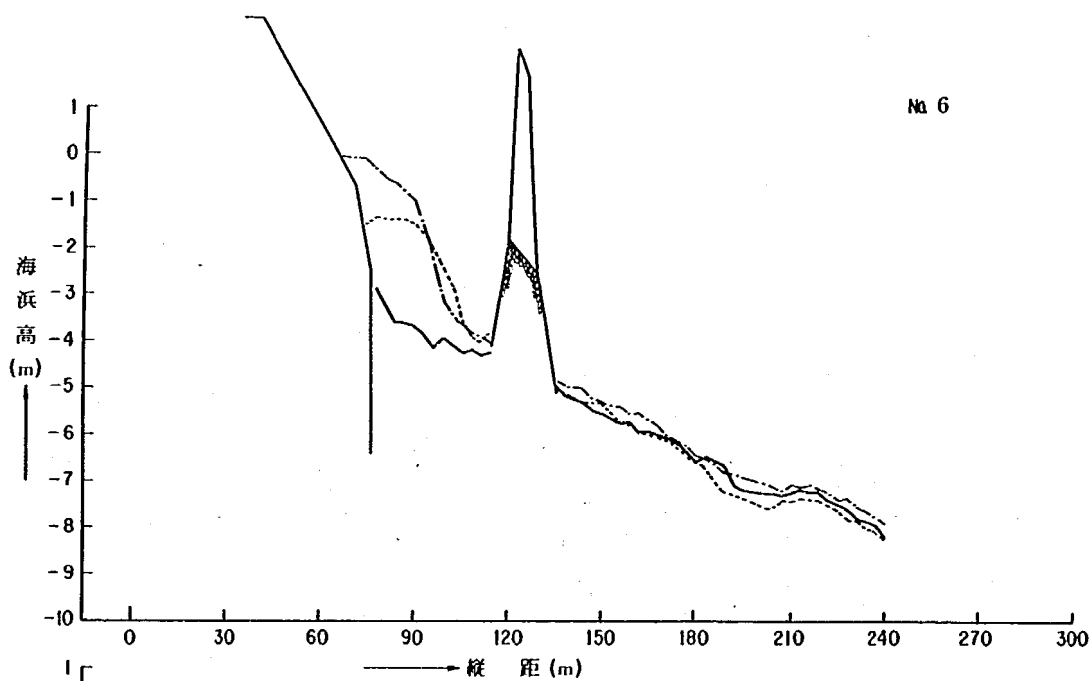
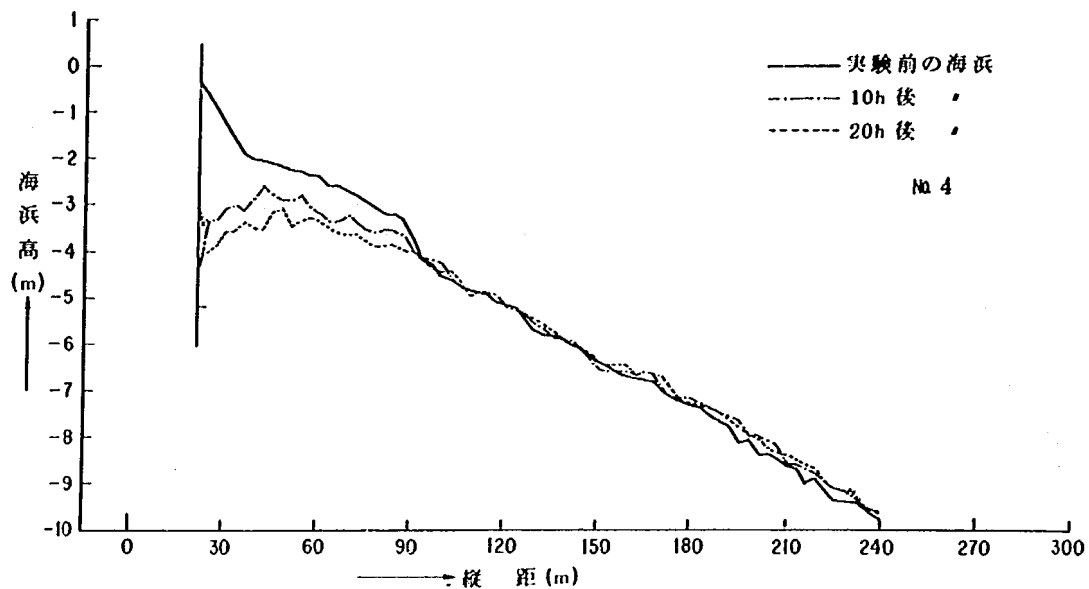


図-66-1 横断図(ケース6)

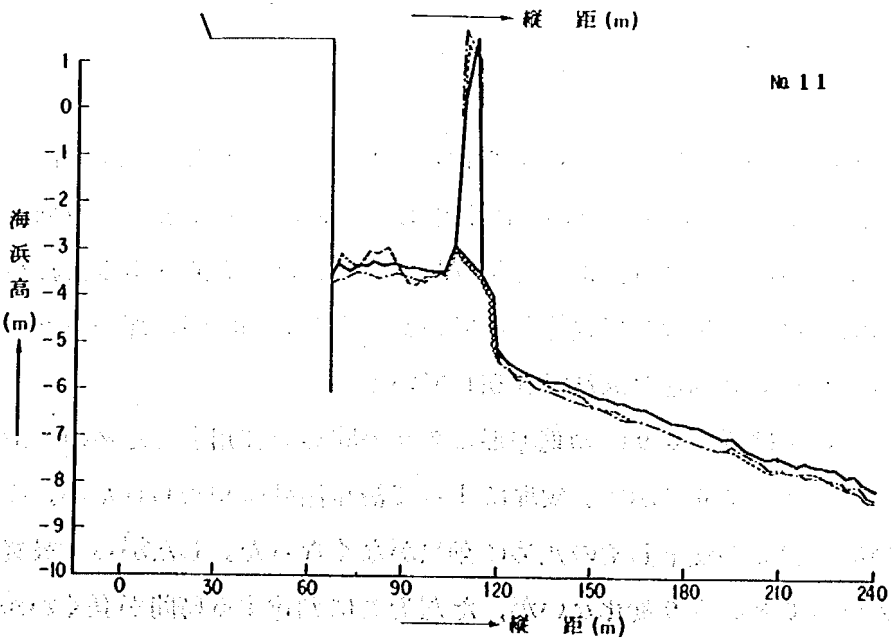
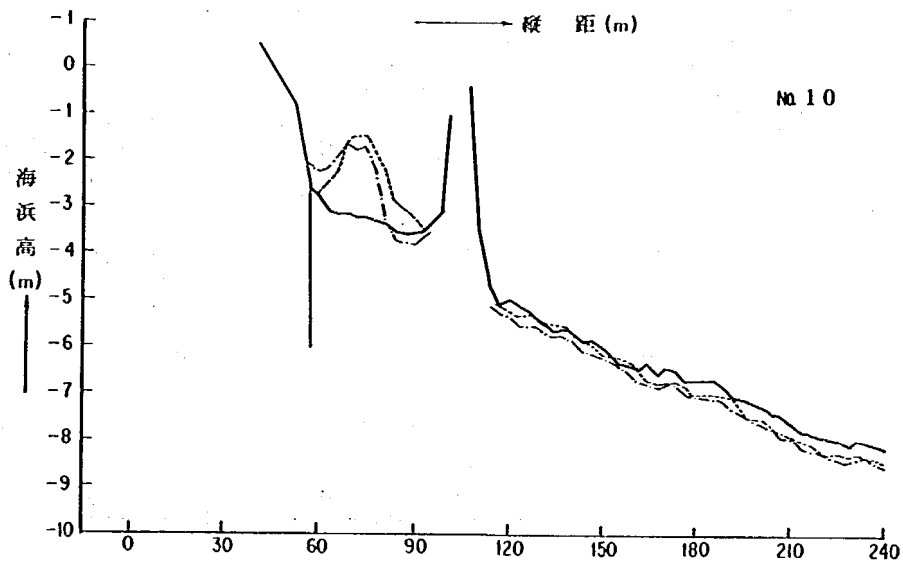
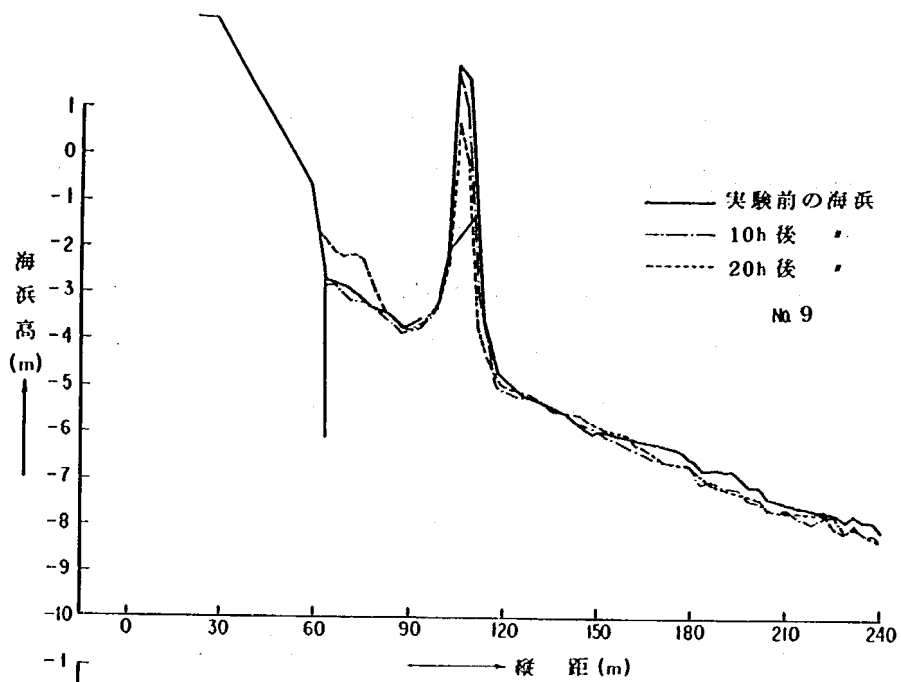


図-66-2 横断面図(ケース6)

4. 6. 4 ケース 7

沿岸漂砂によって消波工背後に堆積する量を減少させる目的で消波工の南側に T 字型の突堤を設けた場合について検討した。また開口部については南側の他に北側についても操船上から要望があるために、北側に 20 m の開口部を設けて実験を行なった。

入射波高の時間変化については中央および南側においてはほぼ予定した 1.2 m の波高を生じているが北側においては反射波のためか波高が大きくなり、2 m 程度となっている。波高分布については図-67 に示すが北側にも開口部を設けたために侵入波があり、いく分波高が高くなっているが、その変化はあまり大きくない。

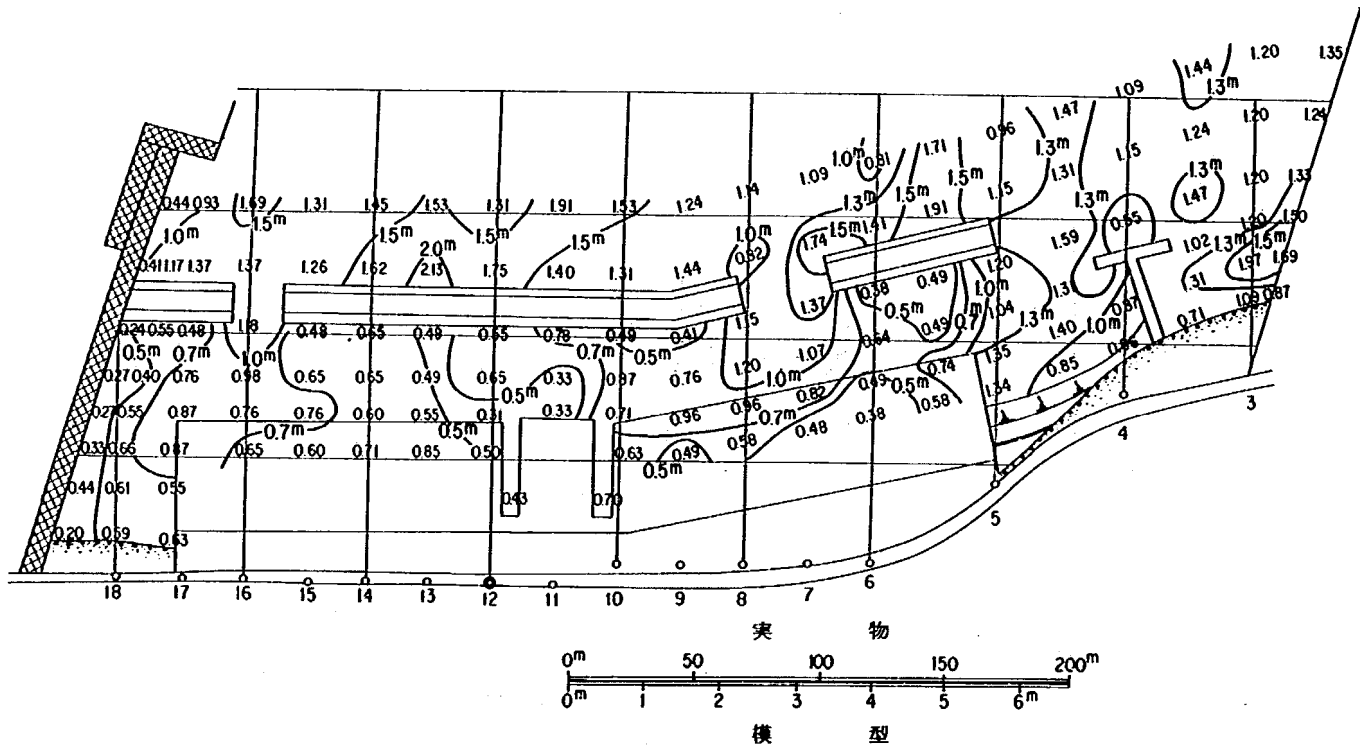


図-67 波高分布(ケース7)

流況および染料の拡散状況を図-68 に示す。突堤によって沿岸流は阻止されてはいるものの、突堤と消波工の間ではやはり沿岸流が生じ、一部はそのまま沿岸方向に流れ、一部は開口部を通して沖へ向っている。また北側の開口部においても沖へ出る流れが生じているが、その流速は南側での値に比較して遅くなっている。また北側に開口部があるためか消波工の背後にはゆっくりした北向きの流れが存在している。

地形変化については図-69 に初期地形と 20 時間波を作用させた後の地形を示す。また横断形状の変化を図-70 に示す。突堤によって沿岸漂砂は止められたが、突堤付近で侵食を生じるために、突堤が沈下しそのために効果がなくなった。したがって最終的な堆積量は突堤のないケース 6 とあまり変化ないが、ただそこに到達する時間が長くかかっている。消波工背後の地形変化についてはケース 6 とあまり変わっていない。

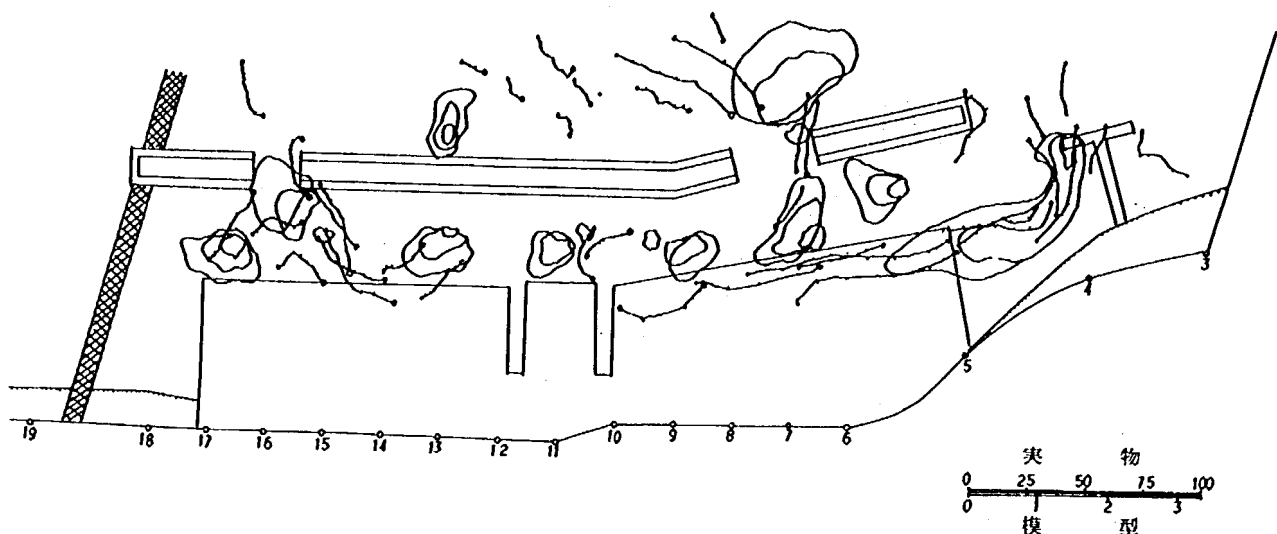


図-68 流況図(ケース7)

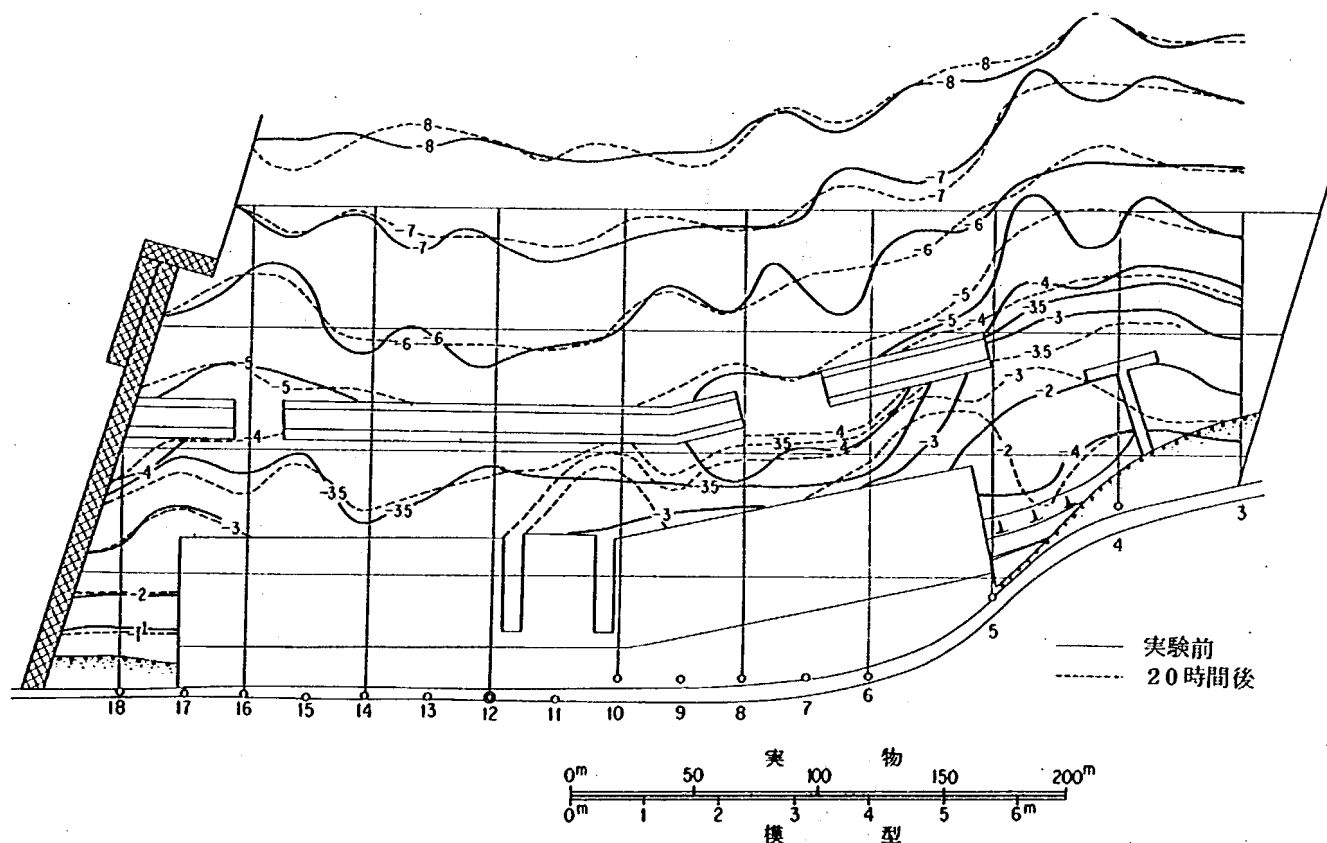


図-69 地形変化図(ケース7)

開口部を北側に設けたために、消波工の背後で北向きの流れが生じたためか、ケース6に比較すると消波工背後の堆積域は北側に移動している。最も堆積量が多く、浅くなっているのは物揚場の沖側であり、 -3 m の初期地盤高が -1.5 m まで上昇している。堆積形状としては物揚場の直立壁による反射と南側の直立壁に沿った沖への流れによって堆積域は沖へ移動し消波工と構造物の間にある。

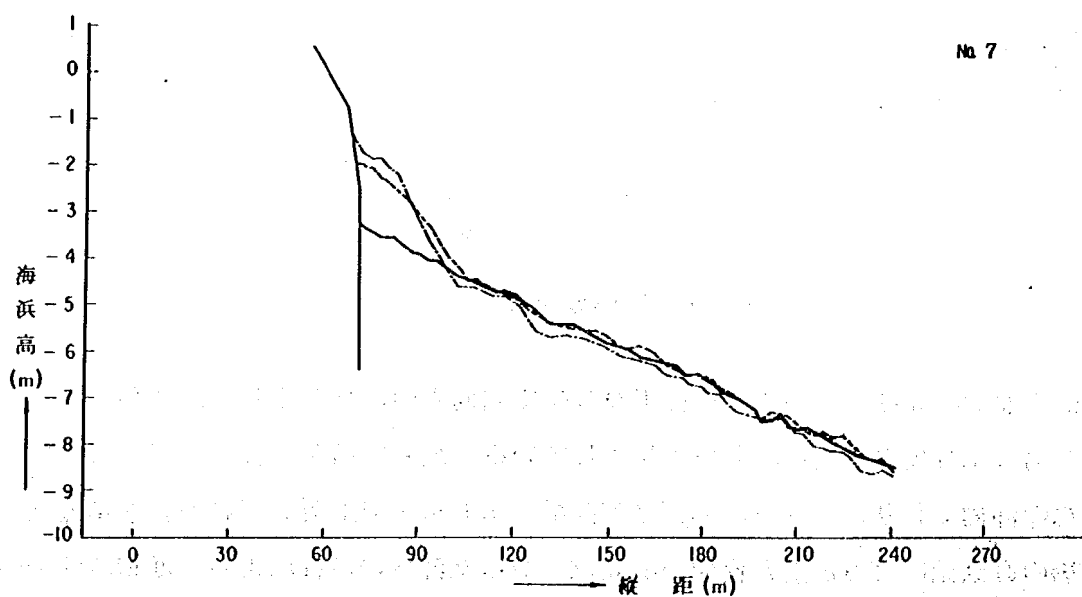
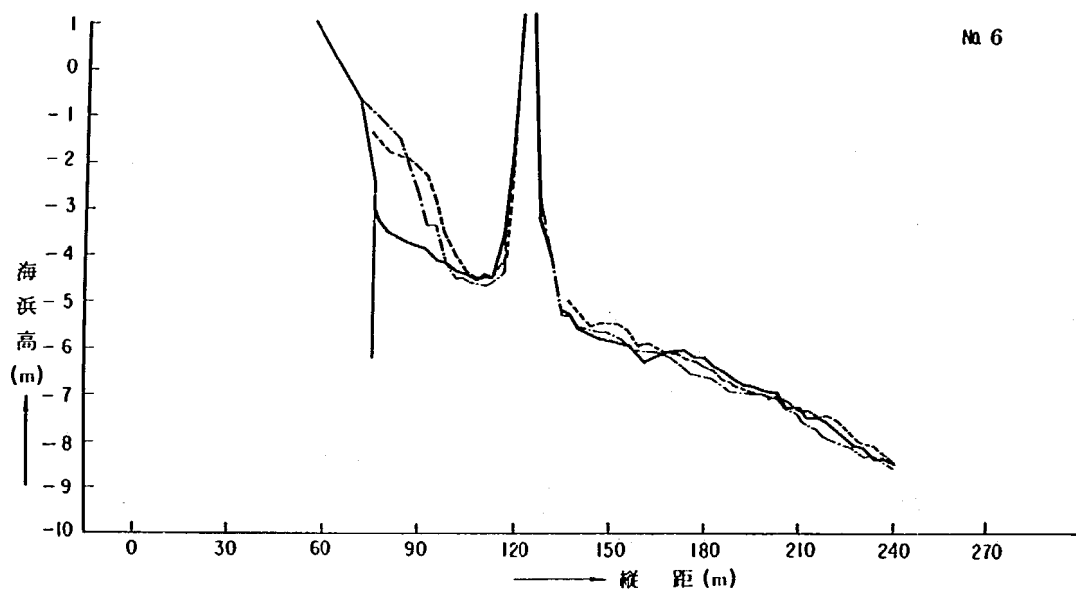
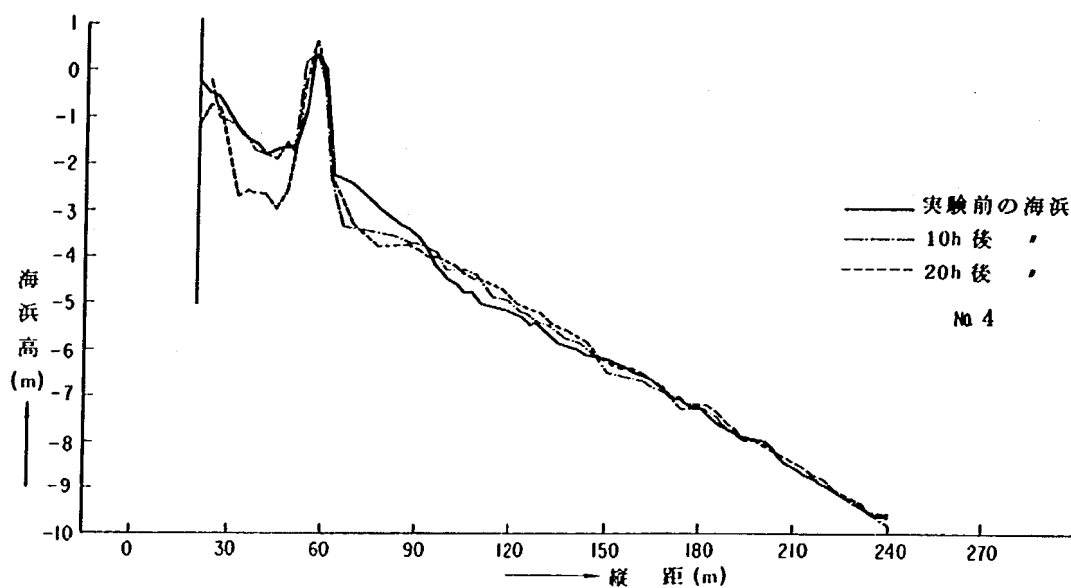


図-70-1 横断図(ケース7)

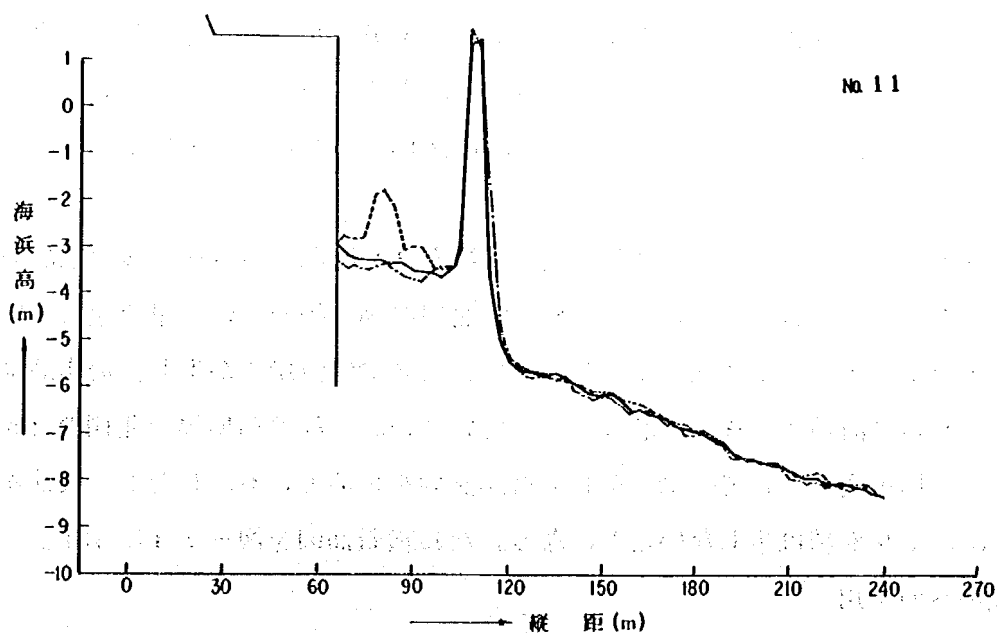
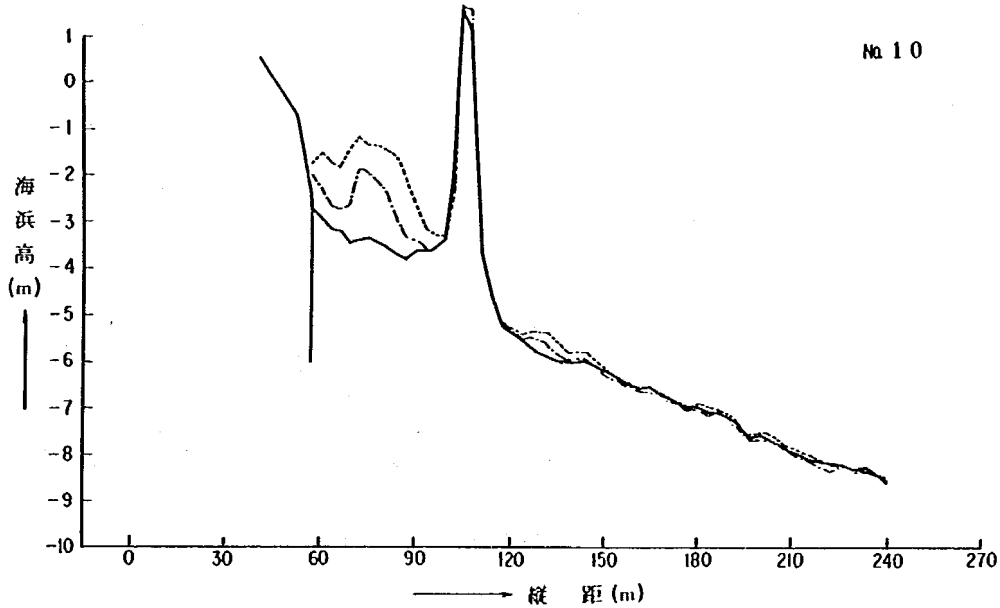
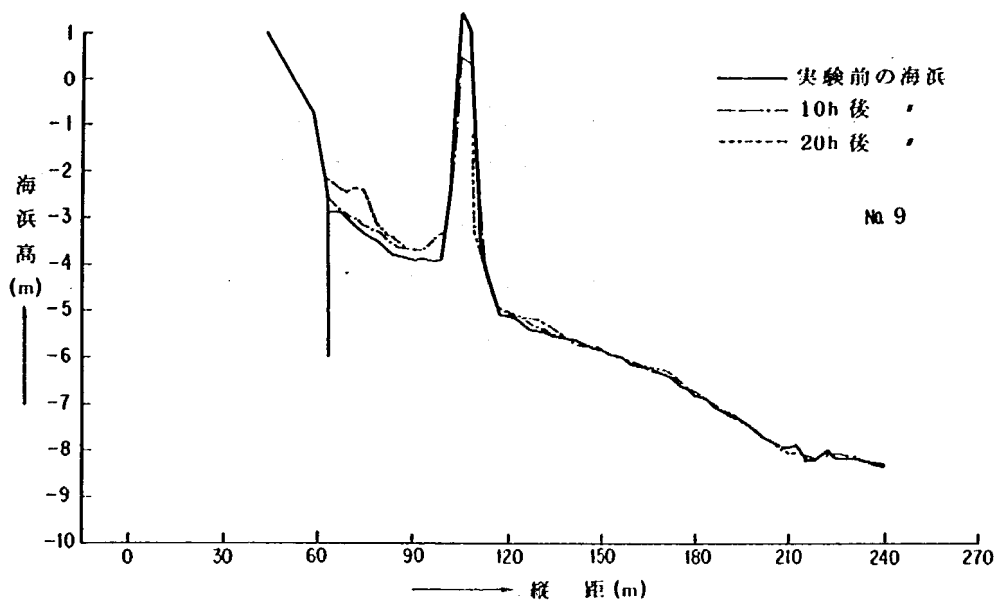


図-70-2 横断図(ケース7)

4.6.5 ケース 8

波が北側から入射する場合の地形変化を調べるために実験を行なった。構造物の配置としては図-54に示してあるが、北側および南側に開口部を設けてある。入射波の変動については、0～10時間で北側の波高が大きかったが10時間後は変動はあるもののほぼ同じ入射波高となっている。波高の平面分布については図-71に示すが消波効果としては特に変化はなく、開口部における波高の増加位置が異なっている。

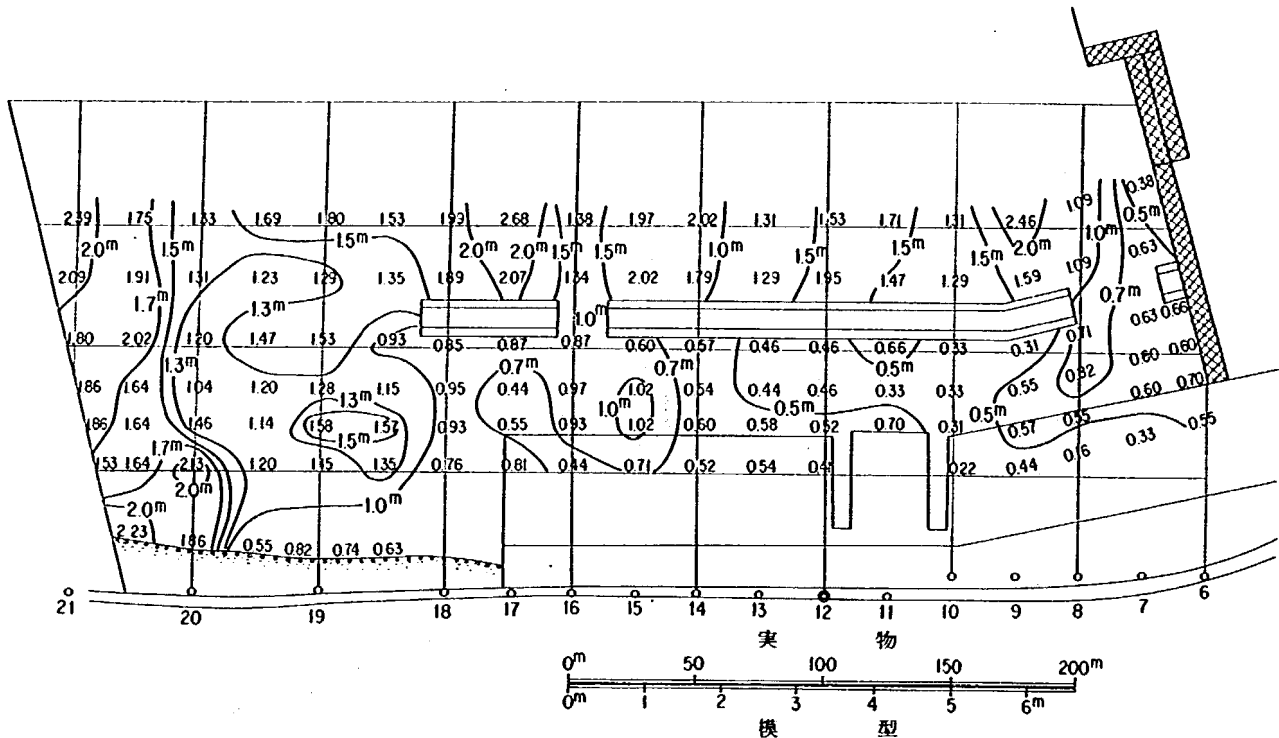


図-71 波高分布(ケース8)

流況と染料の拡散状況については図-72に示すが、北から入射する波によって沿岸流が生じ、それが船揚場の北側壁によって沖へ向い、さらに消波工によって北へ向うという循環流が生じている。また南側の消波工の背後には南向きの沿岸流が生じているが、その流速は大きくない。

地形変化については図-73に初期地形と波を20時間作用させた後の地形を示す。堆積は船揚場の北側と開口部で生じ、一方侵食は北側の構造物のない海岸で生じている。南側から波が入射するケース7に比較すると、このケースでは沿岸流が生じ、沿岸漂砂が存在するにもかかわらず消波工背後には堆積を生じていない。これは船揚場の北側の汀線が後退しており、船揚場が突堤としての働きをして沿岸漂砂を止めている。したがって北から入射波によってはあまり堆積は生じないことになる。なお横断面図を図-74に示す。

4.7 現地への適用

移動床模型実験の結果を実際の場合に適用する際にはさきに述べた底質の移動機構につい

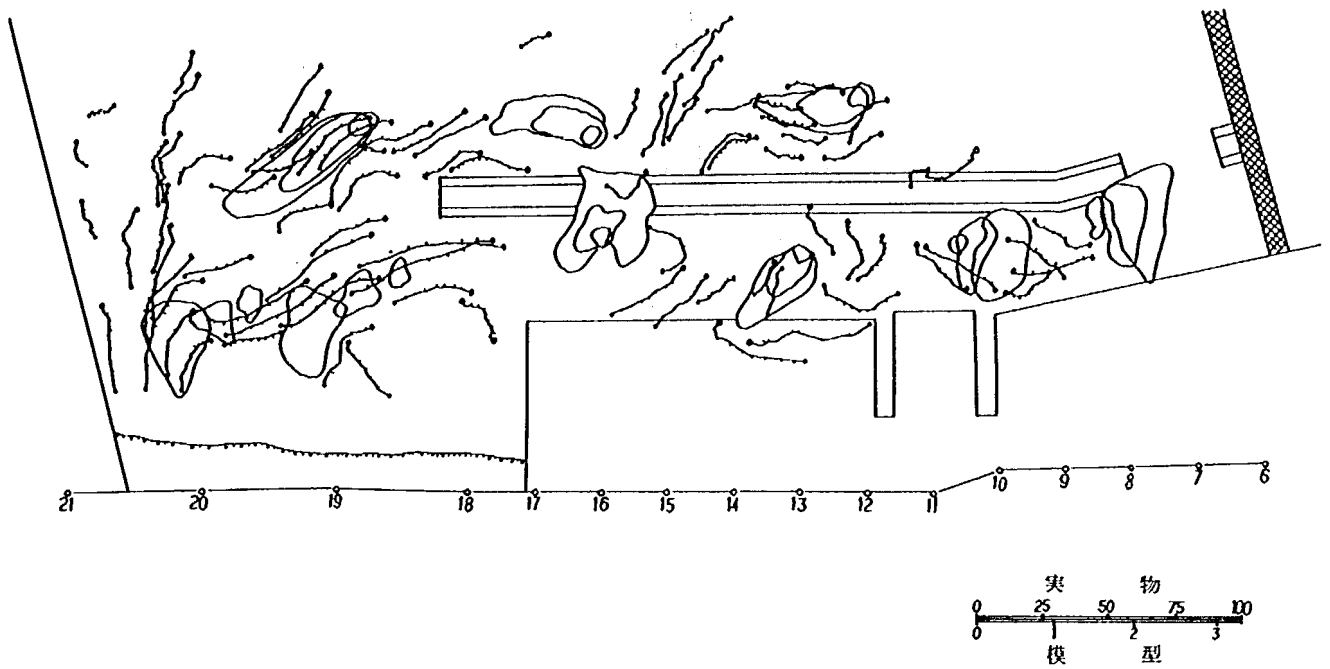


図-72 流況図(ケース8)

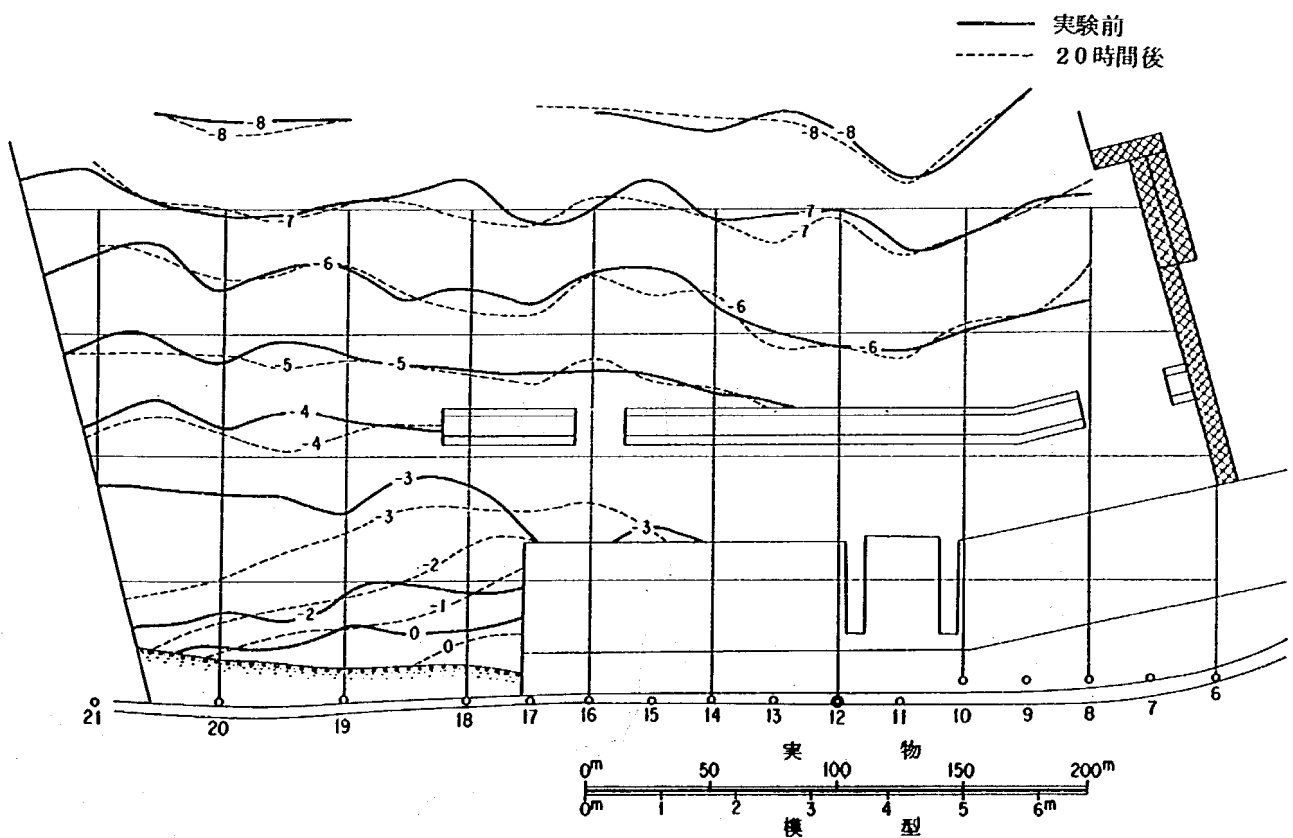


図-73 地形変化図(ケース8)

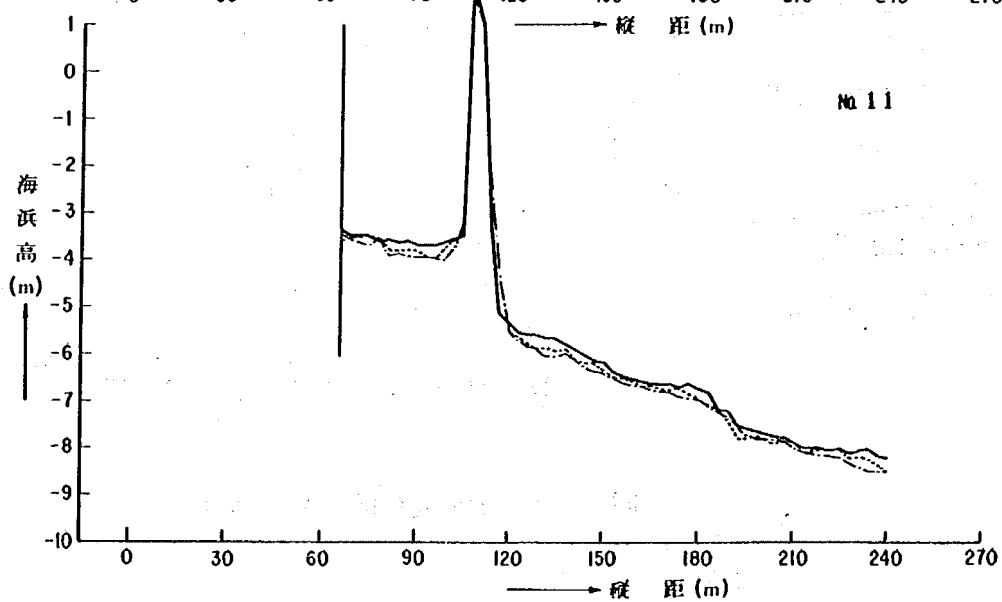
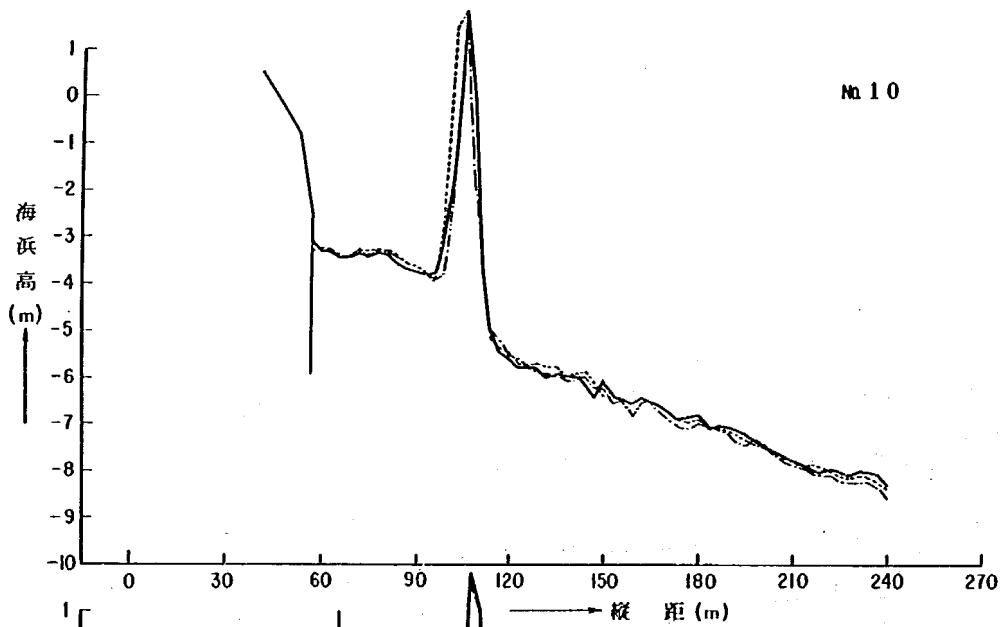
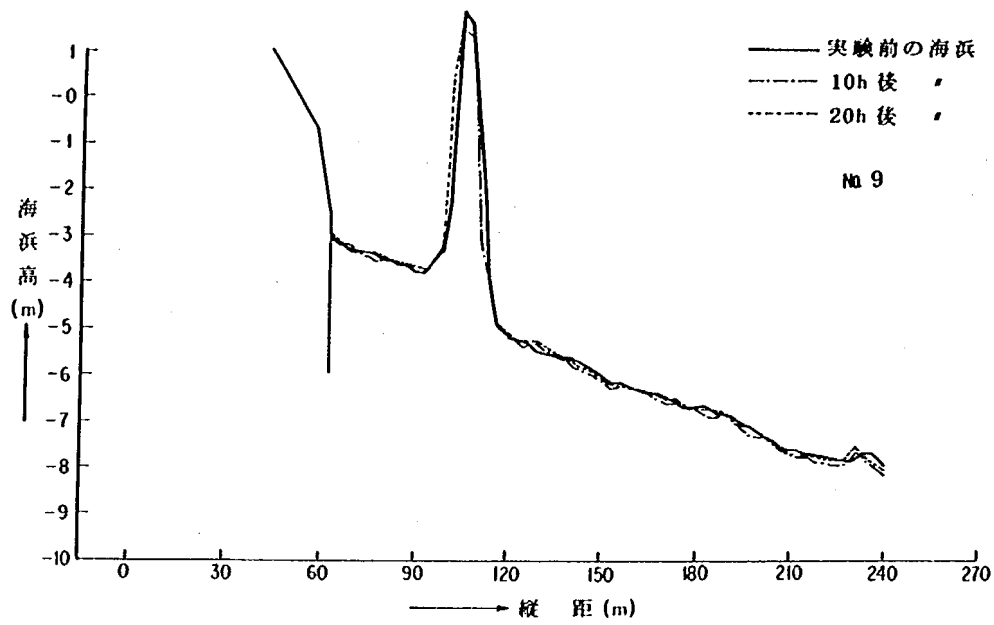


図-74-1 横断図(ケース8)

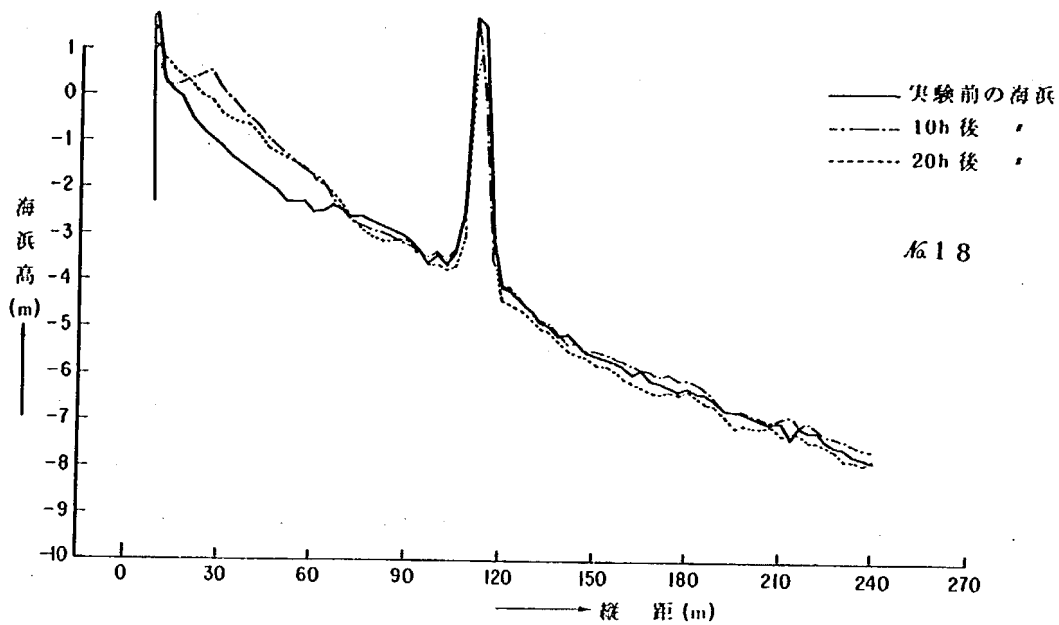


図-74-2 横断面図(ケース8)

てまず相似でなければならない。実験の結果によれば底質の移動がはげしいのは碎波帯であり、碎波帯内を沿岸流によって移動した底質が波高の小さい静穏域において堆積する状況を示した。このような現象は実際にも生じると考えられる。

波によって浮遊した底質の移動に関する相似性に関しては野田¹⁾による考え方がある。これは基本式として浮遊砂の濃度の時間的平均値 $\bar{c}$ に関する次式を用いる。

$$w_0 \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} (E_z \frac{\partial \bar{c}}{\partial z}) = 0 \quad (6)$$

ここに z は海底から鉛直上向きに取り、 w_0 は底質の沈降速度、 E_z は波による鉛直方向の渦動拡散係数である。上式において実物と模型が相似であるためには次式が成立しなければならない。

$$\frac{w_{0p}}{w_{0m}} = \frac{E_{zp}}{E_{zm}} \frac{z_m}{z_p} \quad (6)$$

渦動粘性係数としては梶浦²⁾による式にもとずき次式を用いる。

$$E_z = K v_B^* (z + z_0) \quad (7)$$

ここで K :カルマン定数、 $v_B^* = C_f v_B^2 / 2$:底面摩擦速度、 C_f :摩擦係数、 v_B :底面における水粒子の最大水平速度である。模型と実物での K 、 C_f が同じと仮定すると(6)式は次のようになる。

$$\frac{w_{0p}}{w_{0m}} = \frac{v_{Bp}}{v_{Bm}} = \frac{h_p^{1/2}}{h_m^{1/2}} = S^{1/2} \quad (8)$$

したがって実物の底質と模型の底質の沈降速度の比は長さの縮尺の $1/2$ 乗にすればよい。

今津工区における底質は消波工の設置される地点の岸側ではさきに示した図-4のような分布をし、平均値としては $d_{50}=0.35\text{mm}$ となるために、これより沈降速度を求めると約 6 cm/sec となる。一方実験に使用した石炭粉の沈降速度は $w_{om}=1.5\text{ cm/sec}$ であった。したがってこの両者の比は 4 となる。また式から求まる沈降速度の比は $w_{op}/w_{om}=\sqrt{30}=5.48$ でありほぼ一致している。

次に問題となるのは地形変化速度すなわち地形変化についての時間縮尺である。模型実験では同一の波を一応 20 時間作用させたが、これが実際ではどの程度になるかを明らかにする必要がある。地形変化についての時間の縮尺については実際の漂砂量と模型での漂砂量が明らかにならなければ確定せず、また量が明らかになったとしても移動機構についての相似性について問題があるために定量的評価は困難であるが、ここで概略の値を推定することを試みた。まず底質の移動が主として沿岸漂砂によるものと考えて、沿岸漂砂量 q と海岸に断面の断面積 A の関係を連続の式から求めると次のようになる。

$$\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (9)$$

ここで x は沿岸方向にとった座標軸で、 t は時間を表わす。添字 p と m でそれぞれ実物と模型に対応する量であることを表わすとする時間 t についての縮尺は次のようになる。

$$\frac{t_m}{t_p} = \frac{1}{S^3} \frac{q_p}{p_m} \quad (10)$$

ここで S は長さ h についての縮尺で $h_m = h_p/S$ である。この時間の縮尺は波浪現象についてのものと異なり、地形変化を支配しているのは漂砂量で、これが多ければ時間が早くなり、少なければ遅くなると考える。

漂砂量についてはサベージ型の漂砂量式で与えられると考える。すなわち

$$q = \alpha E \quad (11)$$

であり、 α は係数、 E は沿岸方向のエネルギー成分である。実物と模型について E の値を求めればその比から q についての比すなわち q_p/q_m が求まる。実物における沿岸方向のエネルギー成分としては、平館における昭和 39 年から 48 年にかけての波高の頻度分布より H^2 の平均値を表-5 に示すように求め、これに平均周期から求まる 1 年間に来襲する全波数 n をかけて $H^2 n$ をまず計算した。これに定数をかけたものが年間の全エネルギーとなるが、定数については実物においても模型においても同じ値となるので省略し、沿岸方向の成分を求めるには波向の観測値を必要とするが、郷沢で各方向の頻度が観測されており、それによると南から来襲する波である東南東の波は全体の 2% であるということから全体の 2% がこの方向から来襲するものとして年間の沿岸方向成分を次のように求めた。

$$W_p = H_p^2 \cdot n_p \cdot \eta \cdot \sin \beta \cos \beta = 2.00 \times 10^6 \times 0.02 \times \sin 22.5^\circ \times \cos 22.5^\circ$$

$$= 1.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{year} \quad (12)$$

ここで η は頻度、 β は入射角度である。

一方模型においても同じ沿岸漂砂量公式が成立するものとし、同様の計算を行なった。ただ入射角としては 15° を用いている。したがって次のようになる。

$$W_m = 7.2 \times \sin 15^\circ = 1.8 \text{ m}^3/\text{hr} \quad (13)$$

これらの値から時間の縮尺を求めると次のようになる。

$$\frac{t_m}{t_p} = \frac{1}{30^3} \frac{1.4 \times 10^4}{1.8} = 0.29 \text{ hr/year} \quad (14)$$

したがって模型の3時間は実物で10年、模型で20時間は実物で70年程度となる。ただここでの推定においてはかなりの仮定をしており、ここで得られた数値は一つの目安にすぎず、今後構造物が建設された後の地形変化を調べることによって、その妥当性を検討することが必要である。なお模型実験においては南からの入射波が大きな海底地形の変化をもたらすために、地形変化の時間縮尺についてもこの条件のみで検討を行なった。

表-5 波エネルギー計算

波 高 範 囲	中 央 値 (H)	頻 度 (p)	$H^2 p$
m	m	%	
0.2 以下	0.1	23.5	0.24
0.2 ~ 0.4	0.3	40	3.6
0.4 ~ 0.6	0.5	13	3.2
0.6 ~ 0.8	0.7	10	4.9
0.8 ~ 1.0	0.9	6	4.9
1.0 ~ 1.2	1.1	3	3.6
1.2 ~ 1.4	1.3	2	3.4
1.4 ~ 1.6	1.5	1.5	3.4
1.6 ~ 1.8	1.7	1.0	3.6
計		100%	30.8

第5章 結 論

青森海岸今津工区における消波工の効果と影響について、固定床および移動模型実験によって検討を行なった。まず固定床模型実験による消波工の効果と安定性に関しては次のようなことが明らかになった。

- (1) 消波工の効果については、計画潮位および計画波浪の条件においては透過率が約60%であり、潮位を満潮位($T.P. + 0.6\text{ m}$)に下げた場合には水面上の消波工の高さが高くなり透過率は約50%に低下する。したがって消波工背後の波高は、計画潮位 $T.P. + 1.2\text{ m}$ 、入射波高 2.4 m で 1.5 m 程度となる。潮位が高い場合に透過率が大きくなるのは、消波工天端を越波するためであり、潮位が低いかまたは波高が小さい場合には透過率は50%程度を期待できる。なお消波工の開口部および端部においては回折波により消波効果が低減し、その影響範囲は消波工の端から沿岸方向に 50 m の範囲である。
- (2) うちあげ高については消波工の設けられている区間については、消波工による波高減衰と船揚場の緩斜面上を波がそ上するために計画堤防高 $T.P. 3.7\text{ m}$ 以下で $2\text{ m} \sim 3\text{ m}$ の範囲にある。また開口部においても回折のため波高が低減しうちあげ高としては $T.P. 3\text{ m}$ 以下である。

消波工がなく、護岸前面が直立の場合には波は $T.P. + 3.7\text{ m}$ 以上にうちあげるが、一応計画では堤防前面に消波工を設けることになっており、これによって計画堤防高よりうちあげ高を低くすることが可能であろう。
- (3) 波高変化によって生じる消波工周辺の流況については、消波工の設けられている場所では沖から岸へ消波工を横切る流れが生じ、これを補うために開口部および端部では冲向きとなり、消波工の端を中心とする循環流を生じる。流れの強さは消波工の長さど開口部の間隔によって変化する。消波工が連続している場合には岸向きの流れは弱く、端部のみで循環流が生じる。開口部のある場合には開口部で沖へ、その両側では岸への流れが生じる。
- (4) 平均水位は波高変化に伴って変化するが、連続した消波工の場合には消波工岸側の水位が一様に上昇する。また開口部のある場合には水位が低下し、消波工背後では沿岸方向に消波工の中央から端に向かって水位が低下する。
- (5) 消波工として使用されるブロックの安定性については、実際には8トンの六脚ブロックを使用する計画であるが模型実験では6.7トンのブロックを使用した。その結果、一部振動するものはあったが安定であったので、沈下等の問題がなければ計画波に対してブロックは十分安定である。

移動床模型実験によって消波工周辺の洗掘および背後での堆積状況について検討を行なった結果、次のような結論が得られた。
- (6) 海底の底質は波によって巻き上げられ、流れによって移動するために、連続した消波工の

場合にはその両端を除いて底質の移動はほとんどない。

- (7) 開口部を設けると、開口部で回折波を生じた消波工の部分では岸向き、開口部では沖向きの流れを生じるために、消波工の背後に堆積を生じる。
- (8) 南からの沿岸漂砂がある場合には消波工の背後では堆積を生じ、時間とともに堆積域は北へ移動している。開口部が設けられた場合にはさらにこれが助長される。防砂突堤によって沿岸漂砂を阻止することを試みたが、突堤が沈下したために堆積速度を遅らすにすぎなかった。
- (9) 北からの沿岸漂砂のある場合には、船揚場の北端が突堤の働きをし、消波工の背後まで漂砂はおよばなかった。
- (10) 消波工周辺の洗掘については特にいちじるしくはない。ただ物揚場の直立壁によって南側では沖への漂砂が生じ、洗掘を生じた。また前面には反射波によって一定間隔のバーが生じた。
- (11) 移動床模型実験においては、相似性が明確でないために定量的な評価は困難であるが、定性的には上記の結果は現地に適用することができよう。実際の施工に伴なう地形変化を調べることによって、今後定量的な評価が可能となると考えられる。

あ と が き

本模型実験は主として昭和52年度から53年度にかけて鹿島試験所において行なわれた。実験の指導監督に当られた前鹿島試験所長馬場洋二氏および林 敏夫氏に感謝致します。また模型実験は建設技術研究所によって行なわれた。また実験に際しての資料は建設省東北地方建設局青森工事事務所の提供を受けた。ここに記して感謝を表します。

参 考 文 献

- 1) 野田英明：栲崎漁港の漂砂に関する実験（その1）京都大学学防災研究所年報 第9号，昭和41年3月
- 2) Kajiura, K: On the Bottom Friction in an Oscillatory Current ,
Bulletin of the Earthquake Res. Inst., vol42, 1962

消波効果についての補足実験

1. 目的

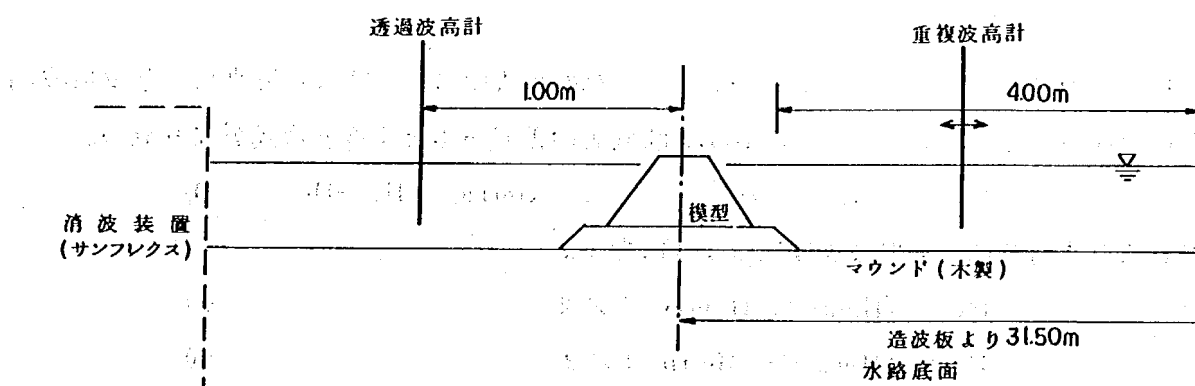
今津工区における固定床模型実験において、消波工前面の波高と背後の波高を比較すると、消波工を通過した後であるにもかかわらず波高が前面よりも高くなっている場合があった。また消波工背後の波高は図 2 9 に示すように沿岸方向にほぼ一様であるが、前面の波高は変動し、中央部で低くなる傾向を示している。このような現象がどのような原因によって生じるかを明らかにするために補足実験を行なった。一般に消波工は波を消すばかりでなく反射もするために消波工前面の波高は入射波と反射波の重なったものとなり、場所によって波高が変化する。入射波の峰と反射波の峰が重なるところでは、その波高は両者の波高の和となり、逆に入射波の峰と反射波の谷が重なるところでは、その波高は両者の波高の差のとなる。

一方消波工前面の波高が場所によって異なる原因として、造波機で起こした波自体が変化している可能性もある。したがって上記の項目について検討を行なうために造波水路を使用し、消波工の反射率と透過率についての実験を行なった。

2. 実験方法

土木研究所の水理共同実験棟にある延長 5.2 m、高さ 1.2 m、幅 0.6 m の風胴付造波水路使用し、消波工を水路内に設置し入射波と透過波を測定した。海底は水平床とし、そこに 3 層 4 列の 250 g の六脚ブロックによる消波工を設置した。消波工前面においては容量式波高計を移動させ入射波と反射波を測定するとともに、消波工の背後では同じ型式の波高計によって透過波を測定した。また波高計の背後には消波材としてサンフレックスを配置した。

模型配置を付図-1 に示す。



付図-1 模型配置図

3.3 実験条件

海底の地盤高は消波工の中心位置で-4.5 mとし、模型で5号碎石を用いマウンドを製作しその上に消波工を設置した。消波工の天端高はT.P.+2.0 m（模型で+6.7 cm）である。波浪および潮位条件は付表-1に示す。

付表-1 実験条件及結果

水位	波高 H (cm)	入射波高 H _i (mm)	反射波高 H _r (mm)	透過波高 H _t (mm)	波形勾配 $\frac{H_o}{L_o} = \frac{H_i}{L_i}$ $\times \frac{1}{H} \cdot \frac{1}{L_o}$	反 射 率 H _r / H _i	透 過 率 H _t / H _i	波形勾配 H _i / L
T.P.+08cm	8	78.7	27.5	39.0	0.0360	0.349	0.496	0.0566
	7	81.1	24.2	35.5	0.0371	0.301	0.438	0.0583
	6	69.6	29.6	36.0	0.0319	0.425	0.517	0.0501
	5	55.3	20.0	29.0	0.0253	0.362	0.524	0.0398
	4	39.3	13.9	24.5	0.0180	0.354	0.623	0.0283
T.P.+20cm	8	73.1	30.3	35.0	0.0338	0.415	0.479	0.0511
	7	66.1	28.0	35.5	0.0305	0.424	0.537	0.0462
	6	48.0	22.6	30.0	0.0222	0.471	0.625	0.0336
	5	39.3	17.2	26.0	0.0182	0.438	0.662	0.0275
	4	50.1	21.0	21.0	0.0231	0.419	0.419	0.0350
T.P.+40cm	8	94.0	24.0	32.0	0.0440	0.255	0.340	0.0627
	7	82.8	27.8	30.0	0.0388	0.336	0.362	0.0552
	6	68.4	25.6	26.0	0.0320	0.374	0.380	0.0456
	5	51.5	23.8	25.0	0.0241	0.462	0.485	0.0343
	4	39.5	17.47	19.0	0.0185	0.441	0.481	0.0363

1.4 実験結果

消波工前面の各位置における波高から、波高の極大値H_{max}は入射波高H_iと反射波高H_rとの重なったものであり、極小値H_{min}は両者の差であるとする次式が成り立つ。

$$H_{\max} = H_i + H_r, \quad H_{\min} = H_i - H_r \quad (1)$$

これより入射波高と反射波高は次のようになる。

$$H_i = (H_{\max} + H_{\min}) / 2 \quad (2)$$

$$H_r = (H_{\max} - H_{\min}) / 2 \quad (3)$$

また反射率K_rと透過率K_tは透過波高をH_tとすると

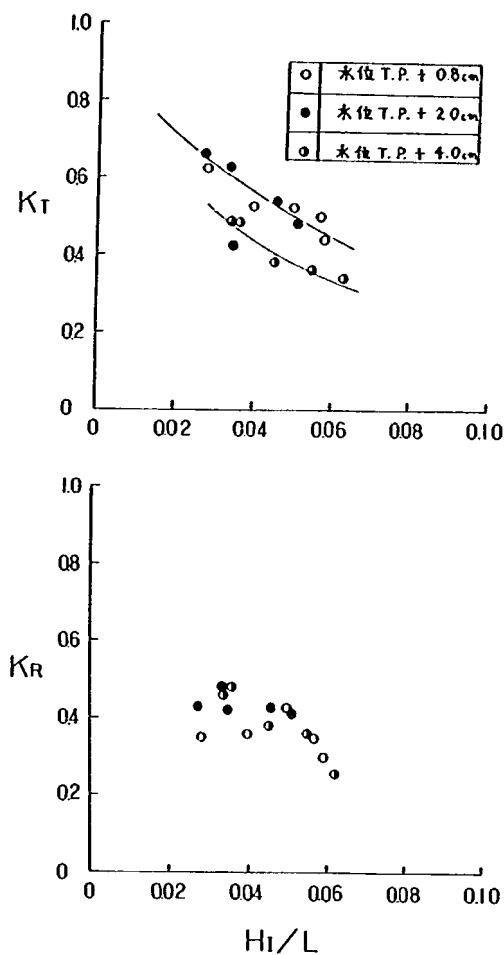
$$K_r = \frac{H_r}{H_i}, \quad K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (4)$$

となる。以上の式にもとずいて測定値から反射率と透過率を求めると付図-2に示すようになる。

透過率、反射率とも波形勾配の増加とともに小さくなり、消波工によってエネルギーが消滅していることを示している。また潮位が高いほど消波効率がよい。実験状況を見ると潮位が高い場合においては消波工上で波が砕波しており消波工を波が通過する際に生じる乱れによるエネルギー損失の他に、砕波によるエネルギー損失が加わったものと考えられる。

平面模型実験においては、潮位が低いほど消波効率はよくなってはいたが移動床実験で、波高が小さく、潮位が低い場合には消波効果はよくなっておらず、消波工天端高が平面実験と水路実験で少し異なっていたために実験結果に差異がでたためとも考えられる。また平面実験においては消波工前面の波高が場所によって変化していたが、これは反射率が20%もあることから、反射波と入射波による部分重複波が形成されたために生じたものと考えられる。

実験の手法として反射波の存在は問題になったが、実際には反射波は沖へ発達するために消波工付近を除いてはあまり問題とならないであろう。



付図-2

青森海岸今津工区消波工

土研資料第 1538 号

昭和 55 年 12 月 (1979)

模型実験報告書

橋 本 宏

キーワード 消波工, 透過率, うちあげ高, 漂砂, 模型実験

要 旨 消波工の効果と影響について, 固定床および移動床模型実験によって検討を行なった。消波効果は 60 % あり, 開口部を設けた場合には消波工背後に砂が堆積しやすいことが明らかになった。



郵便はがき

305-□□

20 円切手
をはって
下さい。

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
海岸研究室 御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第1538号 部

青森海岸今津工区消波工

模型実験報告書

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

