

伊東海岸レクリエーション海浜造成に関する実験

佐藤 昭二*・加藤 始**・木村 久雄***

1. はしがき

伊東市では、レクリエーション場の一つとして、長さ約 600 m の海浜の環境整備事業を昭和 49 年より実施している。すなわち、人工的に砂を補給して浜幅を広げると共にその背後に緑地帯を設け、夏期の海水浴のみならず一年を通じて海浜が健全なレジャー場として活用できるよう整備する。現在、昭和 49 年より着手された湯川側の離岸堤はほぼ完成に近づいている。しかし、まだ上述の海浜環境整備にあたって養浜砂の波による流失を防止するために建設される離岸堤や突堤の有効な配置計画が決定していない。

このため、この伊東海岸におけるレクリエーション海浜の構造物の配置計画決定の資料を得るため、移動床による漂砂および固定床による海水交換の実験を行った。この場合、離岸堤や突堤の設置による養浜砂の流失防止効果および離岸堤や突堤の配置の堤内と堤外側との海水循環や交換への影響、さらに松原側に設置する船溜施設の港口付近の埋没等を重点的に調べた。ここに、2, 3 の実験例を紹介しその結果について述べる。

2. 自然条件

伊東海岸は図-1 に示すように伊豆半島の相模湾側に位置するが、当海岸における気象条件は次のようである。

まず風については、風向は主として S~SW および NE~NNE であり、その内 S~SW 方向がより多い。また、年間 10 m/sec 以上の強風の主なる方向は NE~NNE および W~WSW である。

波については、海岸の西寄り前面水深 18 m 地点に設置された観測塔での結果によれば、夏および秋には 1~2 m の有義波高があるが、春および冬にはほとんど 0.5 m 以下であり、通常時はきわめて静穏な海岸といえる。また、夏から秋にかけては、波高は数 10 cm 程度で小さいが周期 10 sec 前後の弱いうねりが存在して磯波が絶えない。さらに、図-1 に示した E~NE 方向からの波の

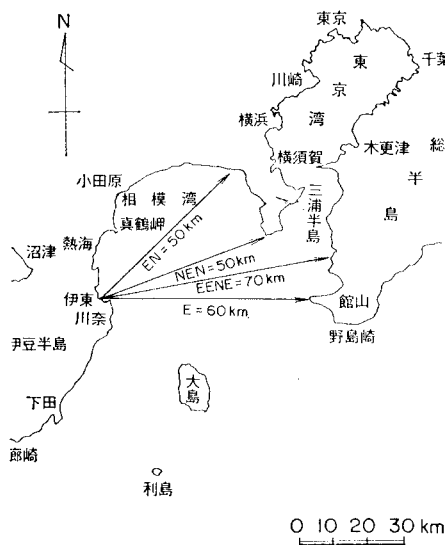


図-1 伊東海岸位置図

屈折図を作成してみると、いずれの場合も伊東海岸では、その東側よりも西側で波高が大きい。特に E から南寄りの波は、川奈の突出部で遮蔽されるので、きわめて波高の小さなうねりとして到達するのみである。

潮流については、後述する図-2 の海底地形からも推定されるように、この海域の潮流は全般的に弱い弓形の海岸地形の影響を受け、上げ潮および下げ潮とも沖合の潮流に対して岸よりではその反流が発生する。この反流域の流れが沖合の本流にくらべかなり弱く、このため風による影響を受けやすく現地観測によって定常的な流況をとらえることは困難であった。また、駐車場から伊東港にかけての水域は、流れの反転域にあたりその上、大川から排水される河川流が加わるのでその流況パターンは不規則な流動を示す。

底質については、前浜から沖浜にかけて行われた調査結果によると、汀線から 100~150 m 付近の水深 3 m 以浅の中央粒径は 0.18~2.70 mm と荒く底質も中粒砂から砂混りの礫を示す。一方、水深 3 m 以深での中央粒径は 0.11~0.15 mm 程度であり、底質は細粒砂または泥混り砂である。

* 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所次長
 ** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所水理研究室長
 *** 正会員 工博 運輸省港湾技術研究所水理研究室研究官

3. 実験施設

模型は図-2に示すように、水平 1/200、鉛直 1/100

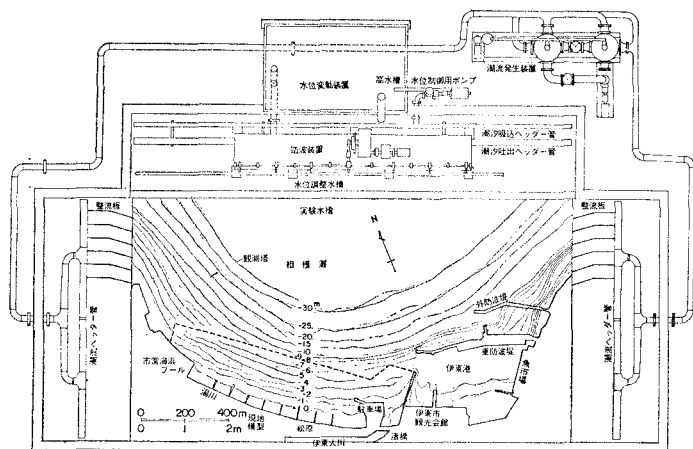


図-2 実験水槽

の縮尺で 2km の区間を作った。まず漂砂実験では、水深 DL -10m 以浅の海底地形を再現し、-10m 以深は一樣な一定水深とした。そして図示の点線内は中央粒径 0.17mm の細砂による移動床とし、その他はモルタル仕上げの固定床とした。造波機は実験水槽内の沖側の平坦部に設置した。一方海水交換実験では、図示のように等深線 DL -30m までの海底地形を作り、それ以深は -30m の一定水深のモルタル仕上げの固定床とした。造波機は潮流流を阻害しないように水位調整水槽内に移設した。水位調整水槽と実験水槽との仕切りは格子になっており、波もほとんど減衰することなく通過できるようになっている。潮流発生装置は、その主要部が図の右上にあり、往復流を一台のポンプにより機械的に発生させるもので、実験水槽内の両端の吸込吐出し兼用のヘッダー管と共に構成されている。水位変動装置は、高水槽から前面の水位調整水槽に水頭差を利用して定量水を流入させながら、一方高水槽へポンプアップする水量を変化させることにより、実験域の水位を制御するものである。

4. 漂砂に関する実験

この実験では、現地の長期的な海底地形変化をできるだけ模型上に再現させるため、まず予備実験を通してその変化が再現できるような波浪を捜し求めた。その結果は、波高 3cm、周期 1sec の実験波を 30 分間作用させることにより、昭和 49 年～52 年の間のほぼ 2～3 年の地形変化を再現することができた。このとき、前述したように海岸近くでは一般に

波高が東側より西側が大きいことおよび前浜の漂砂移動の主方向が西から東に向っていることから、そのような漂砂移動が起るように波向は N33.75°E とした。すな

わち、造波板を図-2で水位調整水槽と実験水槽との仕切り格子の前面にそれと平行に設置した。実験水位は、大潮平均水位をとり DL +1m の一定とした。また、この波高 3cm、周期 1sec の波の模型における佐藤・田中による底質の完全移動限界水深は 3.1cm である。それは模型縮尺から現地の水深 3.1m に相当する。この現地の 3.1m で完全移動限界を示す波は周期 6sec として波高 1.3m となる。これは、先に述べたように当海岸における通常の時化の波に相当する。

本実験では、養浜砂の維持効果の高い工法を見出すため、構造物の配置を種々変えたケースについて行った。そして、

各構造物の配置に対して 120 分間づつ波を作用させた。この波作用時間は予備実験で求めた時間縮尺から 8～12 年後の海底地形を示すことになる。ここでは、種々行った中から 2 ケースを選びその結果について述べることにする。

図-3 は、当海岸における構造物配置の当初計画案である。各離岸堤や突堤は不透過構造である。離岸堤は現海岸線から約 170m 沖側に位置し、その長さは西離岸堤が 150m、中離岸堤 100m、東離岸堤 120m でそれぞれの開口部は 70m である。また、突堤は図示の西、中、東の 3 基を新たに設け、その中間にある既設突堤はそのまま活かしている。さらに、東端には現在浜に引き揚げられている小型船用の泊地を設置した。

図-3 に示す波作用前後の深淺図を比較すると次のようになる。養浜地形をみると、前浜から水深 -4m まで全域にわたって離岸堤の影響が大きく現われる。すなわち、

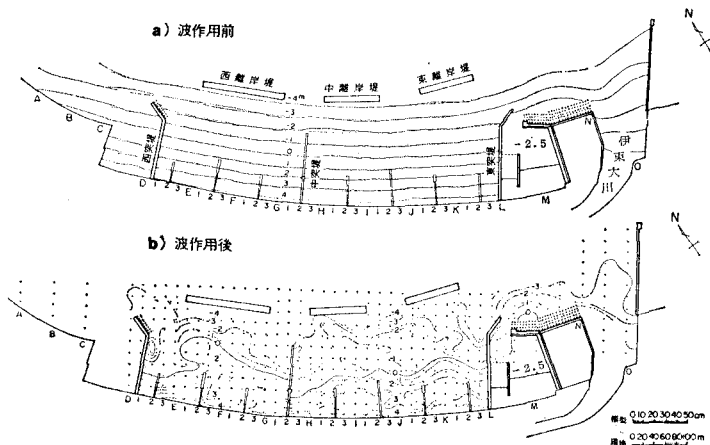


図-3 当初計画案

洗掘箇所と堆積箇所が交互にみられ、前者は主として離岸堤の開口部付近、後者は離岸堤の背後に現われている。突堤基部に注目すると、測線 $D_1 \sim D_8$ および $G_3 \sim H_1$ が波作用後には 40~50 m 汀線が後退する。これらの欠壊砂のほとんどは、波によって攪乱浮遊され離岸堤背後の水深 -2 m 付近に運搬されてトンボロの発生原因となる。

図-4 は、上述の当初計画案では養浜地形全域にわた

る定常流を流し、それに夏期に対応する小さなうねりとして漂砂実験と同じ波向で波高 30 cm, 周期 10 sec の波を与えた。流速については上げ潮と下げ潮とも大潮時の現地観測値から前浜付近で約 4 cm/sec, 沖側で約 20 cm/sec を目安とした。すなわち、正弦的に変化する潮流の中、その最強流速付近の流れのパターンが現地と相いなるように模型内の流れを決めた。

次に拡散実験では、上述の潮流を変化させさらに潮位変動および波を与えて行った。すなわち、現地に現われる潮汐流を再現するため、潮流発生装置および水位変動装置(図-2 参照)を用い、両者とも正弦波であるが位相を 90° ずらして作用させた。なお、潮位差は大潮差に相当する L.W.L. から H.W.L. の 1.1 m とし、潮流の振幅は再現実験で得られた定常流の流速とした。また、海浜に発生する汚濁の状況については、ウラン染料をトレーサーとして用い、その測定には第 22 回海岸工学講演会論文集で述べた方法を用いている²⁾。染料の投入位置は、構造物を設けた場合の海水交換に対する

影響をみることを目的として、現況および計画のいずれのケースでも前浜汀線付近の 7 箇所から投入した。この場合、現地における汚濁指標が明確でないことから濃度 500 ppm, 総投入量 700 cc を満潮位付近 9 分間のみ連続投入して、そのトレーサーの拡がりについて現況と計画の相対的比較を行った。

1) 流況分布

本報告では、下げ潮時の現況と計画(漂砂実験による改良案)について述べる。

図-5 は、現況の前述したうねりが加わったときの流

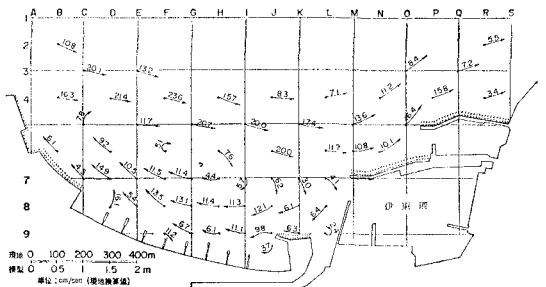


図-5 現況流況分布(下げ潮最強流速時)

況分布を示したものである。図からわかるように、対象水域の潮流は海岸線から約 400 m 沖合では西から東に向うが、それより岸側では東から西に向う反流が生じる。すなわち、西側から流入する潮流はほぼ海岸に平行な流線を示し、伊東港付近に直進する傾向が強くこの付近が

って海底形状が著しく変化するため、構造物の配置を種々変えながら行った改良案を示したものである。なお、この改良案では新たに緑地幅 12.5 m を設け、東離岸堤の長さを海水交換を考慮して 100 m に変更した。

まず、各突堤の先端近くに汀線の後退を防ぐための平行堤を設けると共にその前面に消波工を付加した。その結果は、平行堤による砂の保持能力はきわめて良好である。すなわち、当初計画案にくらべ前浜の後退を防ぐと共に離岸堤背後のトンボロの形成も小さくなっている。そうして、前浜勾配および ± 0 m 線から離岸堤までの距離が海岸全体にわたってより一様になっている。ここで東端にある泊地について説明すると、泊地内の水深は -2.5 m, 港口に直面する船揚げ場の勾配は 1/9 とした。この泊地の港口付近には伊東大川側から運ばれる砂によって埋没の傾向が現われる。図-3 に示す当初計画案では ± 0 m 線が港口から港内に舌状に侵入しているが、図-4 に示すように、東突堤の先端を延長すると共に、港口突堤を設けることによって漂砂の侵入堆積を港口付近の小区域に止めることができた。

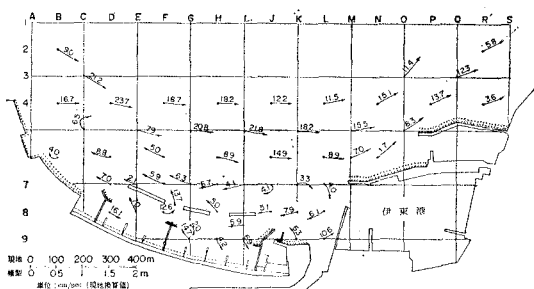
5. 海水交換に関する実験

今回の実験では、潮汐による流れや波を作用させた時の染料の拡散を取り扱うため、模型内の流れを次のように定めた。

まず海浜流の再現実験では、水位を大潮平均水位すなわち DL +1 m の一定水位とし、最強時の流れに相当す

流れの反転域に相当する。また、前浜に現われる大きな流れは碎波の影響を受けている。

図—6 は、計画の流況分布を示す。現況と比較すると、特に構造物の設置付近の流況パターンが大きく変化する。たとえば、計画では離岸堤による反射波の影響が作



図—6 計画流況分布（下げ潮最強流速時）

用し不規則な流動を示す。堤内の流れをみると、東側の離岸堤と突堤の開口部から流入した潮流のほとんどは、離岸堤の開口部や西側の離岸堤と突堤の開口部から流出する。そして、堤内の流速は現況と比較して特に減少せず、流れが停滞することもない。このことは、堤内と堤外側との海水交換からみても構造物の配置は良好であることを示す。なお、参考までに上げ潮時の場合にもほぼ同じような結果が得られたことを付記する。

2) 拡散分布

この実験では、先に述べたように潮位変動を加えたことにより、1) で述べた定常流の場合と比較して沖向き

の恒流成分が現われ、特に下げ潮時に大川河口前面から沖に向う流れが顕著である。

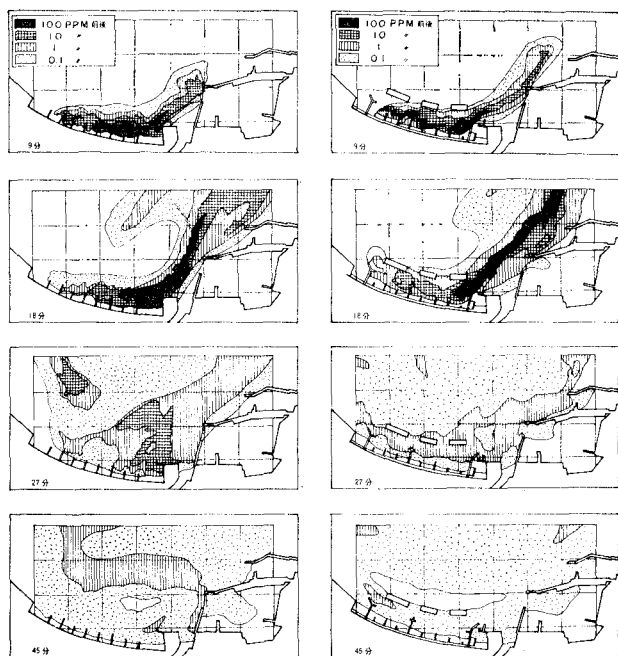
図—7 は、前浜から染料を投入したときの現況地形と計画地形の濃度分布の時間変化を示したもので、各図の左下方にはある上げ潮時の平均水位からの測定時間が示してある。たとえば、9 分の図は満潮位、18 分は平均潮位、27 分は干潮位、45 分は 1 潮汐目の満潮位を表わす。染料は満潮前の 4.5 分から 9 分間のみ投入した。汀線に投入された染料は、時間経過と共に潮流流に乗って沖側に輸送され混合希釈される。現況と計画を比較すると、計画の場合には離岸堤が導流堤の役割を果たすことから堤内の潮流循環が良好し、染料の拡散をうながす結果となる。したがって、各時刻の染料分布をみてもわかるように、計画の場合が現況より染料の拡散を促進させるようであるが、両者間にはそれほど大差はない。

6. ま と め

この実験は、伊東海岸におけるレクリエーション海浜造成に伴う海岸構造物の適切な配置計画を決定する目的で、離岸堤内の海底地形変化および水質汚濁防止に主眼をおいた。したがって、実験に使用した模型も漂砂実験では離岸堤設置付近から前浜を主体に製作し、潮流拡散実験では沖側の流況も再現できるような範囲を取り入れた。漂砂実験では現地の長期的な海底地形変化および海水交換実験では潮汐の干満に伴う潮流変動などを取り入れ、現地の条件をできるだけ模型上に再現させるよう努力した。

漂砂実験では、波を 120 分間作用させたので得られた地形は単純な計算で 8~12 年後の地形を示すことになる。しかし、模型実験などにおいては一般に波の作用始めには、海底地形は急速に変化し、時間の経過とともにその変化がゆるやかになる。したがって、120 分後に得られた海底地形変化は、8~12 年より短い時間後の変化に相当するであろう。また、現状においては本実験のように、一時に構造物を建設することも、一時に養浜を行うこともない。したがって、模型実験で得られた海底地形は、養浜完成後数年のほぼ安定した海底地形に相当する程度に考えてよいであろう。また、実験では荒天時に相当する一定の波を長時間作用させているので、海底地形変化のコントラストすなわち、侵食とか堆積の程度が現地よりも強調して再現されたものと思われる。

海水交換実験においては、現地の流れが弱く、完全には現地流況を再現したとは言い難いが、ほぼその特徴は捉えたと思われる。その上、この実験では汚濁濃度の値そのものを求めることを目的としたのではなく、現況と計画地形の比較を目的



図—7 現況および計画における染料濃度分布の時間変化

としたので、その意味で両者の相対的比較の結果は現地に適用できると考えてよいであろう。

ともかく、上述した実験結果から提案される当海岸におけるレクリエーション海浜断面を図-8に示す。この

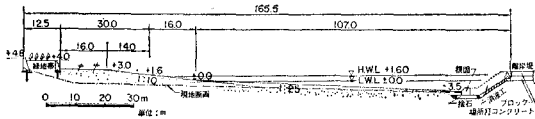


図-8 伊東海岸における海浜断面案

養浜断面は、図-4に示した改良案より前浜勾配を急にしてある。緑地帯の高さ+4mから階段護岸によって+3mの浜に下りる。この部分の長さを約16mとり、それから±0mまで1/10の勾配とした。そうして1/25の勾配が離岸堤まで続く。この海底勾配は、海水浴場としては少し急であるがほぼ現況と同じである。しかしながら、実験からも知れるように、波が作用するとこのような海底形状は変化する。そのとき、汀線や-1m線が異常に前進して海水浴水面が減少すると重大である。そのため、堤内に養浜する砂の量が過多にならないように注意する必要がある。このため図-8において、まず±0mより沖側も1/10勾配でそのまま延長した形でまず養浜を行い、2年位経過後に補足養浜を行うようにすべきであろう。

また、伊東海岸における構造物の配置は、ほぼ図-4に示した改良案でよいと思われるが、その要点を述べると次のようである。

- 1) 離岸堤は、現海岸線から約170m沖側に位置し、その長さは西離岸堤が150m、中離岸堤100m、東離岸堤は100mでそれぞれの開口部は70mである。
- 2) 突堤は、西離岸堤の西側と西離岸堤と中離岸堤の中

間に設ける。さらに、東端の小型船舶地の防波堤を兼ねた突堤を東離岸堤の東端付近に設置する。

- 3) 各突堤の先端は離岸堤位置より約50mぐらい岸側とする。
- 4) 各突堤の先端には、その両側汀線の後退を防ぐため短い平行堤を設ける。このことは、離岸堤背後の異状なトンボロの発生を防ぐ。
- 5) 東突堤と西突堤の先端部分は、海水交換を促進させるために外側に曲げる。

さらに、このような構造物配置に対する海水交換については次のような結果が得られた。

- 1) 離岸堤を設けると、これが導流堤の役割を果し、堤内の潮流循環が良化し、前浜に投入された染料の拡散をうながす結果となる。
- 2) 計画地形は少なくとも現況地形より染料の拡散を促進させるようであるが、両者間にはそれほど大差はない。

終りに、本研究の遂行に当って貴重な現地資料を提供して頂いた静岡県熱海土木事務所ならびに伊東市役所土木部および静岡県港湾課ならびに第5港湾建設局の諸賢に対して感謝の意を表わすと共に、実験および資料整理には当研究所の池田技官の協力を得たことを付記する。

参考文献

- 1) 佐藤昭二・合田良美：海岸・港湾（わかりやすい土木講座17）、彰国社、pp. 156-160, 1976.
- 2) 佐藤昭二・加藤 始・木村久雄：レクリエーション海浜における突堤・離岸堤の海水汚濁に関する実験的研究、第22回海岸工学講演会論文集、pp. 201-206, 1975.
- 3) 佐藤昭二・木村久雄・高松恭文：レクリエーション海浜における突堤・離岸堤の汚濁拡散に対する影響、第24回海岸工学講演会論文集、pp. 504-508, 1977.