

建設省土木研究所 宇多高明  
建設省土木研究所 村井禎美  
建設省土木研究所（東洋建設（株））藤原隆一  
建設省土木研究所（飛島建設（株））松尾和男

## 1. まえがき

最近、第2次海洋開発ブームにあると言われている。海岸事業においても従来からの海岸保全だけでなく、海岸利用効果をも併せ持つ、より高度な技術開発の必要性が高まっている。中でも広い海域において波、流れ、漂砂の制御を目的とする、いわゆる海域制御構造物の開発の必要性は大きい。このような構造物は次の諸条件を満たす必要がある<sup>1)</sup>。①水深がかなり大きい海域でも建設可能であること、②通常用いられている離岸堤と同程度の消波効果を持つこと、③海水交換機能を有すること、④周辺への影響の少ない低反射構造物であること等である。このような必要性の下で、筆者らは新しいタイプの海域制御構造物の開発をめざして2次元水理模型実験を実施してきており、その成果の一部は既に報告した<sup>2)</sup>。

しかしながら構造物の開発に際しては、上述のような2次元水理実験のみでは不十分であり、そのほか数多くの検討項目がある。例えば構造物設置の可能性のある海岸の地形や波浪条件についての検討や、実際に構造物を設置したとき得られる平面的な意味での消波効果等についても検討が必要である。それらがなければ構造物の効果自体を把握できないからである。そのほか構造物の持つ流れや漂砂の制御効果も調べるべきことは当然であるが、波高分布が定まれば流れの計算は可能であり、また波と流れの場が予測されれば漂砂の計算も一応は可能なことを考慮すると、最も重要なのが消波効果であろう。したがって本研究では構造物を設置した場合の平面波高分布を数値計算により把握し、その消波効果について調べることにした。対象海岸は全国各地の海岸のうち波浪や海浜断面形の上からある程度代表的な7海岸（新潟、鹿島灘、九十九里、湘南、駿河、高知、富士）とした。これら各海岸ごとに多数の数値計算を行い、消波効果の面より構造物を設置した時の効果を比較検討する。さらに鹿島灘海岸を選んで海洋性レクリエーションとして海浜を海水浴場に利用する場合や、暴浪時において構造物がもたらす効果についても調べる。

## 2. 計算方法

計算は離岸堤背後の波高計算プログラムを用いて行った。このプログラムの詳細については省略するが、計算に際しての基本的仮定は次のようである。1) 対象海岸は平行等深線を持ち、2) 波は汀線と平行に設置された離岸堤に直角入射する。

波高分布計算は次の手法で行われる。

- ①規則波を対象とし、入射波、透過波、回折波の波高を求め、それらを合成して波高分布を求める。
- ②離岸堤沖での浅水変形には有限振幅性を考慮する。離岸堤より岸側では微小振幅波として波高計算を行う。
- ③碎波波高および碎波後の波高はMicheの最高波理論により算定する。
- ④離岸堤の透過率は既知の値を与える。
- ⑤離岸堤端からの回折波の屈折は波向線法により計算する。
- ⑥2方向からの回折波の合成も含め、波の合成は位相を考慮して行う。

計算は回折波の斜面上での屈折変形計算と入射波、透過波、回折波の合成とに大別される。前者は、半無限堤を対象として回折波が屈折変形した場合の波高計算を行う部分である。この計算法は比較的単純であるが、第一次近似としては十分な精度を有している<sup>3)</sup>。例えば海底勾配1/20の一樣斜面上、汀線より1.4mの位置に堤長2m、開口幅1m、透過率0.1の離岸堤を設置したときの離岸堤背後の波高分布を示すと図-1となる。汀線より0.25、0.5、0.75、1.0m沖の位置での沿岸方向の波高分布の実験値(○印)と計算値(実線)を示したが、両者はかなり良く一致している。

## 3. 代表7海岸の自然特性

海域制御構造物を設置した際の静穏域の創出効果を知るためには、モデ

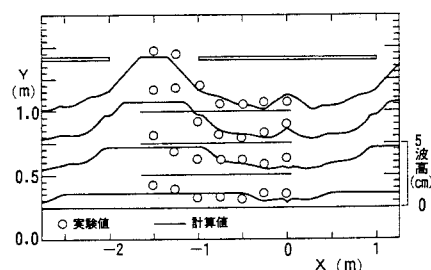


図-1 離岸堤背後の波高分布  
(計算値と実測値の比較)

ル的にいくつかの海岸を選定し、実際に構造物を設置したと仮定してその効果を調べることが必要である。以下に、7海岸の海浜断面形状および波浪特性を示す。

### 3. 1 海浜断面の平均化

7海岸の代表的断面形状を選び、それらを2本の直線で近似した(図-2)。また、それらの勾配変化点の水深と汀線からの距離、およびこの点より岸側、沖側の海底勾配を表-1にまとめて示す。代表的断面形状は、断面平均化手法<sup>3)</sup>を用いて求めた。断面平均化手法は、平均断面および地形変動範囲を明らかにするものである。九十九里、新潟、鹿島灘海岸は断面形がかなり似ており、海底勾配が緩い。なおこれらの海岸ではバー、トラフが存在することがあるが、これらは平滑化して断面形を定めた。湘南、駿河、高知海岸では勾配変化点より岸側の勾配は急であるが、沖側は逆に勾配が緩くなる。富士海岸は他の海岸と全く異なり全体に勾配が大変急である。以上のように選定された7海岸はおよそ3タイプに分かれる。

### 3. 2 波浪特性

各海岸の波浪特性を観測データ<sup>4)~9)</sup>に基づいて調査した。有義波高と有義波周期の出現率を図-3、4に示す。新潟海岸では波高1.0m未満の波が半数を占める。周期は7sec程度が多い。高波浪は主として冬の季節風と台風による。鹿島灘海岸では、年間を通じて波高1.0m程度の波が多く、0.5m未満のものはほとんどない。また、1.5~3mの波高も約30%の出現率を持つ。周期は8sec前後が多い。九十九里海岸では波高約1mの波が卓越する。0.5m未満の値はほとんど無い。周期は9secが多い。この海岸では高波浪は主に3~4月、8~10月に出現する。湘南海岸では0.6m未満の波高がほとんどであり、2.0mを越える波の出現頻度は小さい。駿河海岸では波高約0.5mの波の出現頻度が高い。周期は9secの出現率が高く、6sec未満の周期の頻度は小さい。高知海岸では年間を通じて大部分の波高が約0.5m、周期が8sec内外であるが、台風や低気圧により時々高波が発生する。最後に富士海岸では波高約0.5m、周期9sec程度の波高の出現率が高い。台風や低気圧により時々高波浪が出現する。

以上に述べたように、各海岸ごとに地形および波浪条件は異なっている。そこで海域制御構造物による静穏域の創出効果を知るためには、海岸ごとの地形・波浪条件を考慮した上で、構造物の諸元を種々変化させてそれらの相互比較を行う必要がある。

## 4. 静穏域の創出効果

### 4. 1 各海岸での相互比較

第2節でその概要を述べた数値計算手法を7海岸に適用した結果について明らかにする。計算の目的は、海域制御構造物を設置した場合の構造物諸元と静穏域の平面分布との関係を調べることである。計算に際して用いた波浪条件はエネルギー平均波を選んだ(表-2)。ここにエネルギー平均波の波高( $\bar{H}$ )と周期( $\bar{T}$ )で次式で表わされる。

$$\bar{H} = \frac{1}{N \bar{T}} \left( \sum_{i=1}^N H_i^2 \cdot T_i \right)^{1/2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\bar{T} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i \dots\dots\dots (2)$$

ここにNはデータ個数、 $H_i$ 、 $T_i$ は有義波高、有義波周期である。また、構造物の設置条件として設置水深をh=10mとしたものと、離岸距離を400mとしたものの2種類について計算を行った。計算は一定水深(h=10m)

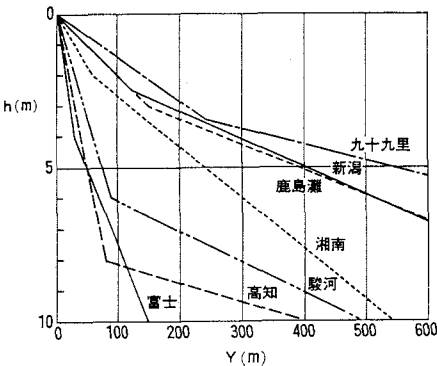


図-2 7海岸の代表的海浜断面形状

表-1 各海岸の海底勾配

| 海岸名  | 海底勾配変化点 (m) |     | 海底勾配  |       |
|------|-------------|-----|-------|-------|
|      | 汀線からの距離     | 水深  | 岸側    | 沖側    |
| 新潟   | 125         | 2.5 | 1/50  | 1/110 |
| 鹿島灘  | 150         | 3.0 | 1/50  | 1/120 |
| 九十九里 | 245         | 3.5 | 1/70  | 1/200 |
| 湘南   | 60          | 2.0 | 1/30  | 1/60  |
| 駿河   | 90          | 6.0 | 1/15  | 1/100 |
| 高知   | 80          | 8.0 | 1/10  | 1/160 |
| 富士   | 30          | 4.0 | 1/7.5 | 1/20  |

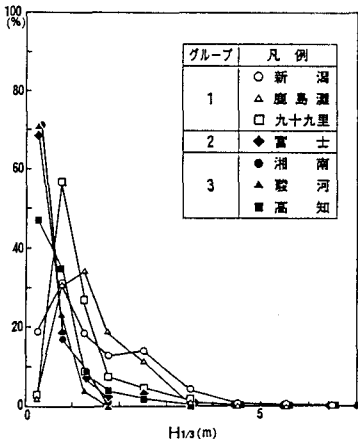


図-3 7海岸の有義波高の頻度分布

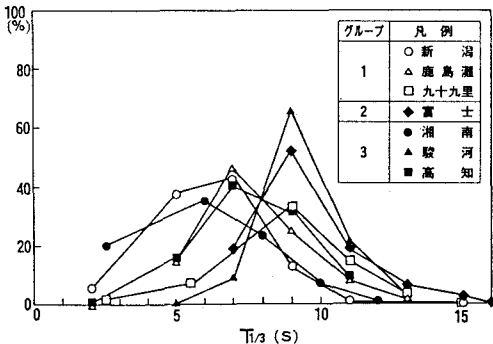


図-4 7海岸の有義波周期の頻度分布

のもとで比較することを原則としたが、この条件でも九十九里海岸のように緩勾配海岸では離岸距離が大きくなり過ぎた。そこで離岸距離を400mと一定とした場合も計算を行った。構造物の透過率は構造物の種類や波浪条件によって変化するが、実験値に基づき $K_T=0.6$ とした<sup>2)</sup>。堤長は100,200,300mと3種類変えた。ただし、設置水深 $h=10$ mの場合に離岸距離が長くなる新潟、鹿島灘海岸については堤長500m、設置地点の波長が長くなる駿河、高知、富士海岸について堤長400mの場合も計算した。計算は差分法を用いて行うために、平面領域を2.5m～10m間隔で格子状に分割した。

表-2 波浪条件と構造物の設置条件

| 諸元<br>海岸名 | H<br>(m) | T<br>(s) | h<br>(m) | 設置水深<br>(m) | 離岸距離<br>(m) | 波長<br>(m) |
|-----------|----------|----------|----------|-------------|-------------|-----------|
| 新潟        | 1.60     | 8.0      | 22.7     | 10.0<br>5.0 | 950<br>400  | 71<br>53  |
| 鹿島灘       | 1.70     | 7.8      | 22.0     | 10.0<br>5.1 | 990<br>400  | 69<br>52  |
| 九十九里      | 1.22     | 8.2      | 7.5      | 3.8         | 400         | 48        |
| 湘南        | 0.58     | 5.6      | 20.0     | 10.0<br>7.7 | 540<br>400  | 44<br>41  |
| 駿河        | 0.82     | 9.2      | 11.2     | 10.0<br>9.1 | 490<br>400  | 84<br>81  |
| 高知        | 1.10     | 10.4     | $\infty$ | 10.0        | 400         | 95        |
| 富士        | 0.85     | 9.0      | $\infty$ | 10.0        | 150         | 82        |

静穏域の概念自体は絶対的基準が存在しない。そこで本研究では構造物の遮蔽効果が顕著な領域とし、具体的には入射波高に対する波高比が0.7以下となる領域とした。本来、波高比よりも波高そのものの値の方が重要であるが、構造物の消波効果を表わす指標として波高比を用いることは便宜上有効であると考えられる。

既に図-2に示したように、新潟、九十九里、鹿島灘海岸では海浜断面形状がよく似ているので、構造物背後の波高分布特性もかなりよく似たものとなる。そこで、ここでは3海岸の代表として鹿島灘海岸での計算結果の一例を示す(図-5、6、7)。計算条件は、離岸距離が400mである。図中の数字は入射波に対する波高比を、また破線は碎波線を示す。さらに波高分布は構造物の中心線に対して左右対称となるために右半平面のみ表示した。X、Yは、堤体中心からの沿岸、岸沖方向の距離である。

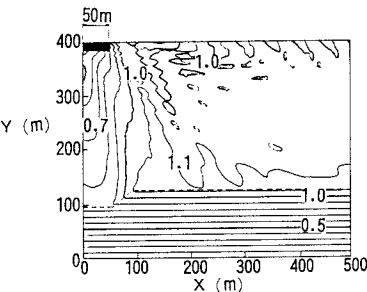


図-5 構造物背後の波高比平面分布 (鹿島灘海岸、堤長100m)

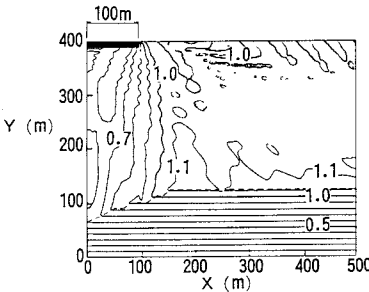


図-6 構造物背後の波高比平面分布 (鹿島灘海岸、堤長200m)

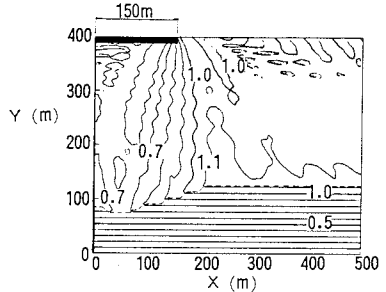


図-7 構造物背後の波高比平面分布 (鹿島灘海岸、堤長300m)

堤長が100m(図-5)の場合、静穏域は $Y=210$ mより沖側にしか存在しない。堤長が200m(図-6)になると、静穏域は主に岸側に広がり堤端より点(24m、67m)を結ぶ直線でほぼ区分される。堤長が300m(図-7)になると、静穏域の形状は点(50m、73m)付近を先端とする舌状となり、主に沿岸方向に領域を広げる。堤体中心付近の $Y=70\sim170$ m付近で波高比が大きくなるのは両堤端からの回折波の重ね合わせによるものである。また、汀線と平行に等波高比線が並ぶ区域は碎波帯を表わすが、構造物の背後では確かに碎波帯幅が狭くなっている。

次に、駿河海岸において離岸距離400mの場合に同様の構造物を設置したときの波高比の分布を(図-8、9、10)に示す。高知海岸や湘南海岸においてもこれとよく似た特徴が得られる。駿河海岸の海底勾配は水深6mまでは1/15と急であるが、その沖では1/100と緩勾配である。一方、図-5～7に示した鹿島灘海岸では水深3mまでが1/50、その沖が1/120である。このように海底勾配が異なるため、両海岸での波高比分布はかなり大きく異なる。堤長が100m(図-8)の場合は、静穏域は $Y=273$ mより沖側にしか生じず鹿島灘海岸とほぼ同形状になる。堤長が200m、300mになると、静穏域は鹿島灘海岸の場合より岸近くまで広がり、そののち急斜面上で

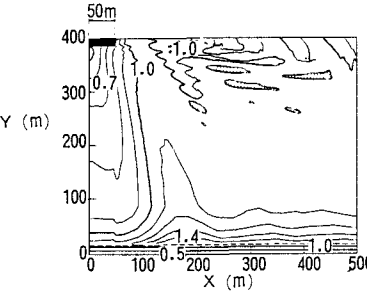


図-8 構造物背後の波高比平面分布 (駿河海岸、堤長100m)

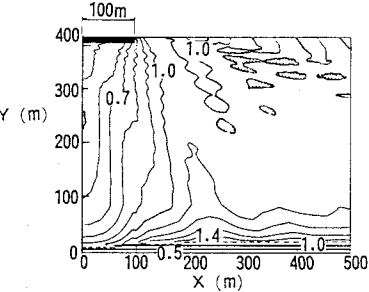


図-9 構造物背後の波高比平面分布 (駿河海岸、堤長200m)

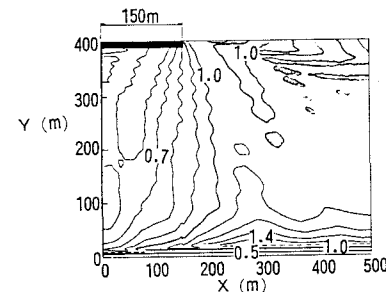


図-10 構造物背後の波高比平面分布 (駿河海岸、堤長300m)

砕波が生じる。このため、鹿島灘海岸と比べて砕波帯幅は狭い。

最後に、富士海岸の場合を図-11、12、13に示す。この海岸は他の海岸と比較して海底勾配が急なので、

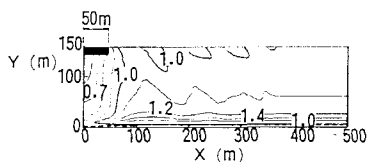


図-11 構造物背後の波高比平面分布 (富士海岸、堤長100m)

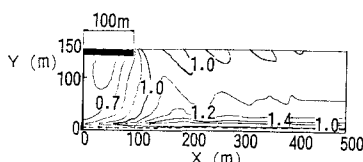


図-12 構造物背後の波高比平面分布 (富士海岸、堤長200m)

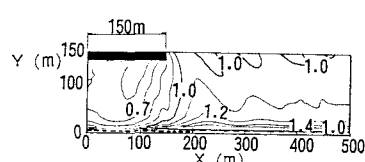


図-13 構造物背後の波高比平面分布 (富士海岸、堤長300m)

構造物の設置水深が一定の場合、離岸距離が短くなる。離岸距離400mの位置では水深が23.5mと著しく大きくその位置に構造物を設置することは困難である。そこで設置水深を10mとしたときの計算結果を図示した。堤長が100m (図-11) の場合、静穏域の分布形は、ほぼ鹿島灘および駿河海岸と同様である。堤長が200m (図-12) の場合の静穏域の分布形は駿河海岸における同様のケース (図-9) の  $Y < 150\text{m}$  の範囲と良く似ている。堤長が300m (図-13) になると、静穏域の分布形は沿岸方向に広がり、台形状となる。また、砕波帯幅は非常に狭い。

以上の3例は互いに波浪条件や設置水深が異なるので相互の比較が難しい。そこで以下では2つのパラメータを定義し、それにより構造物の効果を調べる。まず、静穏域の面積比 ( $S'$ ) を次式で定義する。

$$S' = \frac{\text{静穏域の面積}}{\text{堤長}(\ell) \times \text{離岸距離}} \dots\dots\dots (3)$$

$S'$  を各ケースごとに求め、構造物の設置地点の波長 ( $L$ ) で無次元化した相対堤長 ( $\ell/L$ ) との関係調べた。ただし設置水深と離岸距離が同時に変化すると、両者の影響により結果の判断が難しくなるので、ここでは設置水深を10mと一定にした場合と、離岸距離を400mと一定にしたときの二種類に分けて結果を示す。まず設置水深一定の場合の結果を図-14に示す。各海岸とも  $\ell/L$  が大きくなるほど  $S'$  が増し、構造物の消波効果が良く現われているが、大別すると次の3グループに分類できる。すなわち、①緩勾配海岸 (新潟、鹿島灘海岸)、②急勾配海岸 (富士海岸)、③複合形海岸 (湘南、駿河、高知海岸) である。なお九十九里海岸の場合は海底勾配が大変緩く、したがって計算領域が広く、計算機容量の点から十分細かな格子間隔をとれなかった。このため九十九里海岸のデータは除外した。

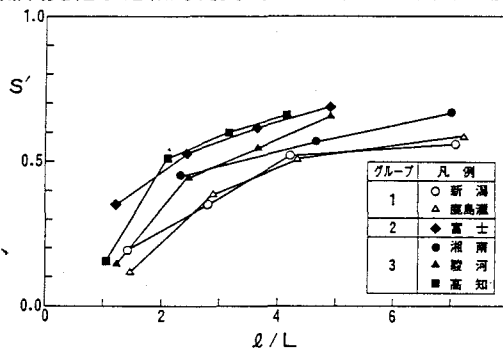


図-14 静穏域の面積比と相対堤長の関係 (設置水深10m)

第1グループでは  $\ell/L = 4$  を境に  $S'$  の増加割合が小さくなる。これは  $\ell/L = 4$  付近までは静穏域が岸沖方向に増加し、それ以上になると沿岸方向に増加することを意味している。

第2グループの  $S'$  は堤長が短い場合の消波効果が3グループ中最も大きく、第1グループのように  $S'$  の増加割合が急変する変化点は見られない。第3グループでは、 $\ell/L = 2$  において  $S'$  の増加割合が小さくなっている。この理由は第1グループの場合と同様である。

次に、離岸距離を400mと一定としたときの  $S'$  と  $\ell/L$  の関係を図-15に示す。図-14の場合は九十九里海岸の計算結果は除外されていたが、図-15では十分計算範囲に入るので結果が表示されている。一方、富士海岸の場合、水深が大きくなり過ぎて設置が困難と考えられるためこのデータは除外した。図-15によるとデータは、第1グループの緩勾配海岸と第3グループの複合形海岸とに大きく二分される。その特徴は設置水深一定の場合の結果とほぼ同一であって、第1グループでは  $\ell/L = 4$  において  $S'$  がほぼ一定となり、第3グループでは  $\ell/L = 2$  において  $S'$  の変化が小さくなる。結局、設置水深、または離岸距離一定の場合、静穏域の創出の面から考えると、第3グループの複合形海岸のほうが有利であって、しかもその差異は相対堤長が4以下と短い時に大きいことがわかる。

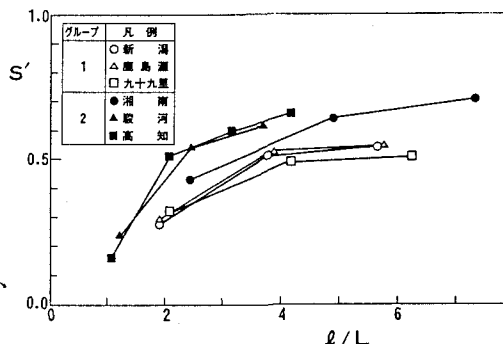


図-15 静穏域の面積比と相対堤長の関係 (離岸距離400m)

構造物の消波効果を表わすもう一つの指標として、砕波波高の減少割合を表わす指標  $P$  を式 (4) で定義する。

$$P = \sum_i \left( \frac{H_b - H_b'}{H_b} \right) \cdot \ell_i / \sum_i \Delta \ell_i \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 $H_b$ : 構造物が存在しないときの砕波波高、 $H_b'$ : 構造物の効果が表われて  $H_b' < H_b$  となる区域の砕

波高、 $\Delta \ell$ ：碎波波高が $H_b'$ となる区間の長さである。式(4)は、 $P$ が大きいほど構造物が効果的なことを示す。 $P$ は、堤長が無大となる場合、次式の値になる。

$$P_{\max} = \frac{H_b - H_{bt}}{H_b} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 $H_{bt}$ ：透過波高のみによる碎波波高である。

設置水深 10mのときの計算結果より $P$ と $\ell/L$ の関係を示したのが図-16である。また図中には各海岸の $P_{\max}$ も示してある。各海岸の特徴は再び3グループに分類される。第1グループの緩勾配海岸(新潟、鹿島灘海岸)では $P$ の増加は全体的に穏やかであり、 $P$ の大きさも3グループ中最も小さい。第2グループの急勾配海岸(富士海岸)では $P$ は他グループに比べて大きく $\ell/L$ に比例して $P$ も増加し、 $\ell/L \approx 5$ で $P = P_{\max}$ となっている。第3グループの複合形海岸(湘南、駿河、高知海岸)では、 $\ell/L > 2 \sim 3$ になると $P$ の増加割合が緩やかになり、 $P_{\max}$ に漸近していく。なお、急勾配斜面上では計算メッシュを小さくする必要があるが、駿河、高知海岸の計算では計算機容量の点から十分に細分化できなかった。したがってこれらの海岸では $P$ が少しばらついているが、全体的な傾向はよく表わしている。以上の点より、碎波波高の低減の意味より構造物が十分機能を発揮するためには、急勾配および複合形海岸では $\ell/L > 2 \sim 3$ とする必要がある。緩勾配海岸の場合、 $P_{\max}$ に対する $P$ の割合が急勾配および複合形海岸と同程度となるには少なくとも $\ell/L > 7$ とする必要がある。

以上に述べた第1と第2、第3グループの間の相違は、主として相対水深( $h/L$ )が小さい領域での海底勾配の違いによる。相対水深が比較的大きく、波高変化に及ぼす影響が小さい領域では、回折効果が著しく等波高線は汀線と直角に近くなる。急勾配斜面上では浅水変形が著しく波高は岸沖方向に急速に高くなる。このため、等波高線は汀線と平行になりやすい。第2、第3グループでは相対水深の大きい領域が汀線付近まで存在するため、静穏域が汀線付近まで広がる。しかも、汀線付近の静穏域の形状は浅水変形により矩形形状になりやすい。これに対して第1グループの緩勾配斜面では、浅水変形による波高変化は急勾配斜面に比べると小さく、回折、屈折の効果が顕著となる。このため、構造物の中心に近いほど波高は低く、汀線から碎波点までの距離は構造物の中心から外へ次第に大きくなる。結局、第1グループでは汀線付近の静穏域の形状は三角形形状となる。したがって第2、3グループは第1グループに比べて短い堤長でも静穏域創出効果が大きい。

#### 4. 2 海洋性レクリエーションおよび暴浪に対する構造物の効果

エネルギー平均波が入射する場合の構造物背後の波高分布は既に明らかになった。ここでは海洋性レクリエーションとして海水浴を選んだときの構造物の効果や、高波浪時の波浪制御効果について調べる。対象海岸として鹿島灘海岸を選び、数値計算を行う。まず透過率は $K_T=0.6$ 、堤長は $\ell=300\text{m}$ とする。波浪条件は昭和56年6月から8月の鹿島港の波浪条件<sup>9)</sup>より選び(表-3参照)、種々の波浪条件のもとで計算を繰り返す。なお表-3に示すデータは水深22mの位置で測定されたものである。表-3 鹿島港の有義波高・周期の頻度分布 (1981年6~8月) 単位：(%)

得られた碎波波高については、佐々木ら<sup>10)</sup>の提案した安全に海水浴を楽しむための条件をもとに適否を判断する。この条件は碎波波高0.6m以下で与えられる。

表-3において、 $H_{1/3}$ が1.0m以上や、0.75mでも周期が7s以上と長い場合、構造物背後の碎波波高は基準値を満足しない。図-17は基準値を満足する場合の例として $H_{1/3}=0.5\text{m}$ 、 $T_{1/3}=7\text{s}$ のときの波高分布を示す。構造物の背後において基準をほぼ満足する区域が堤体中心( $X=0\text{m}$ )から $X=185\text{m}$ の間で得られている。入射波周期が長くなると波長に対する構造物の長さが短くなるので碎波波高の低い範囲は狭くなる。一方、構造物を設置しない場合基準値を満足するのは表-3中、 $H_{1/3}=0.5\text{m}$ 、 $T_{1/3}=5\text{s}$ の場合のみである。このときの碎波波高はちょうど0.6mに等しい。

結局、鹿島灘海岸で6~8月の間で安全に海水浴をするための基準波高を満足するのは全体の0.5%であり、海水浴を安全に楽しめる日数は現在のところかなり少ないと考えられる。一方、同一波浪条件のもとで $K_T=0.6$ 、 $\ell=300\text{m}$ の海域制御構造物を設置すれば、 $H_{1/3}=0.75\text{m}$ で周期5sの波浪に対しても利用可能海域を造り出すことができることから、表-3において利用可能な波浪条件の割合は8.2%となる。これは構造物を設置する前の0.5

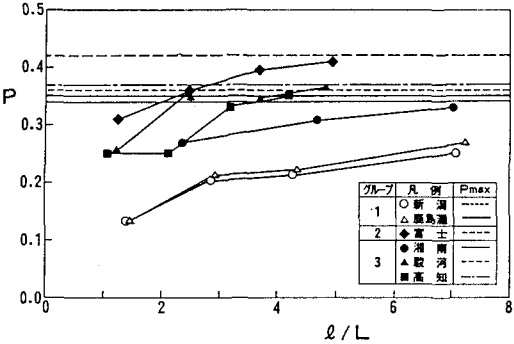


図-16 碎波波高の減少割合と相対堤長の関係 (設置水深10m)

| $T(s)$ | 4~6 | 6~8  | 8~10 | 10~12 | 12~14 | 計     |
|--------|-----|------|------|-------|-------|-------|
| 0~0.5  | 0.5 | 2.9  |      |       |       | 3.4   |
| ~0.75  | 4.8 | 16.7 | 2.2  |       |       | 23.7  |
| ~1.0   | 1.9 | 10.3 | 5.4  |       |       | 17.6  |
| ~1.5   | 1.6 | 13.9 | 16.7 | 1.1   |       | 33.3  |
| ~2.0   | 0.2 | 2.4  | 9.8  | 3.2   |       | 15.5  |
| ~2.5   | 0.1 | 0.7  | 1.4  | 1.8   |       | 4.0   |
| ~3.0   |     | 0.1  | 0.1  | 1.3   | 0.1   | 1.6   |
| ~3.5   |     |      |      | 0.3   | 0.3   | 0.7   |
| ~4.0   |     |      |      |       | 0.1   | 0.1   |
| ~5.5   |     |      |      |       |       |       |
| ~6.0   |     |      |      |       |       |       |
| 計      | 9.2 | 47.0 | 35.7 | 7.6   | 0.1   | 100.0 |

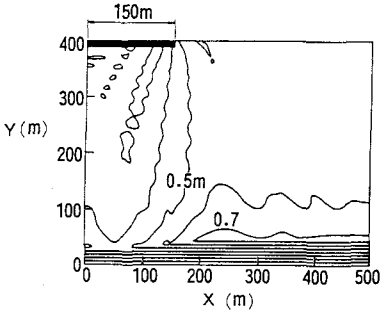


図-17 夏の静穏波の作用下での波高分布

%以下と比較すると1オーダー大きな値である。このように海域制御構造物の設置は従来波が高く海水浴等に利用できなかった海域を安全に利用する上でかなり有効である。

最後に、暴浪時の構造物の効果について検討した結果を図-18に示す。構造物の諸元はレクリエーション面からの検討と同一とし、波浪条件としては表-3より代表的に  $H_{1/3}=3.0\text{m}$ 、 $T_{1/3}=11\text{s}$  とした。この波は構造物の沖で砕波し、その時の砕波波高は約4.3mとなる。これに対し、構造物背後での砕波波高は約2.8mとなり、約1.5mの低減効果が表われる。周期一定の場合、波高は水深のみの関係として定められる。このため図-18において汀線近くの砕波波高は構造物の背後とそうでない場合とで同一になる。しかし例えば砕波による水位上昇を考えると、最初に砕波が生ずる地点より水位上昇が始まるので、構造物の遮蔽領域外と内とでは水位にかなりの相違が生じ、遮蔽領域外の方が水位が高くなる。これは海岸への越波や打ち上げを大きくする要因になる。これらのことから暴浪による災害を低下させる意味においても海域制御構造物は役立つと考えられる。

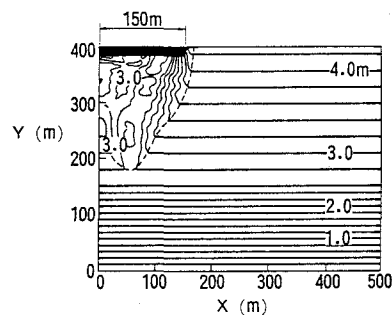


図-18 暴浪時における波高分布

## 5. まとめ

本研究では現地海岸に海域制御構造物が設置された場合の消波効果について数値計算によって検討した。この結果得られた主な結論をまとめると次のようである。

- ①構造物による消波効果は、海浜断面形状の相違により大きく3グループに分類された。第1は新潟、鹿島灘、九十九里海岸のように緩勾配の海岸、第2は富士海岸のように急勾配の海岸、そして第3は湘南、駿河、高知海岸のように前浜付近の勾配は急であるが沖浜勾配の緩い複合形海岸である。
- ②第1グループでは構造物が十分消波効果を発揮するためには、静穏域面積 ( $S'$ ) の点からは  $\ell/L > 7$  とする必要がある。
- ③第2、3グループでは第1グループに比較して構造物設置による消波効果が著しく、静穏域面積 ( $S'$ ) および砕波波高の減少割合 ( $P$ ) の両点から  $\ell/L > 2$  となればかなりよい効果を持つ。
- ④第1グループと第2、3グループの間の②、③で述べた相違は、主として相対水深 ( $h/L$ ) が小さい領域での海底勾配の違いによる。
- ⑤鹿島灘海岸を例として海水浴利用の面より構造物の消波効果を調べた。これによると、構造物無しでは安全に海水浴を行うための基準値を満足する波浪条件が0.5%であったのに対し、構造物を設置すればその割合が8.2%に向上することが分かった。

## 参考文献

- 1)宇多高明・村井禎美・藤原隆一・松尾和男：海洋空間創生のための海域制御構造物の開発，海洋開発論文集，Vol.2，pp.121～126，1986。
- 2)宇多高明・村井禎美・松尾和男・藤原隆一：海域制御構造物に関する実験的研究，土木技術資料，Vol.29，No.2，pp.9～14，1987。
- 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，p.115，昭和60年3月。
- 4)千葉県銚子漁港事務所：昭和57年片貝魚港気象海象資料調査解析報告書，p.69，1983。
- 5)千葉県銚子漁港事務所：昭和58年片貝魚港気象海象資料調査解析報告書，p.73，1984。
- 6)日本道路公団：西湘バイパス道路護岸の水理学的検討，1981。
- 7)建設省河川局・運輸省港湾局：海岸部における砂輸送システム調査報告書，p.286，1984。
- 8)建設省河川局海岸課：海象年表（第1回～6回），昭和54～59年。
- 9)沿岸波浪観測年報，港湾技研資料，No.480，Mar, 1984。
- 10)佐々木民雄・堀田新太郎・五十嵐 元・久保田 進：海洋性レクリエーションに関する研究（第2報）—九十九里海岸における海水浴の現地調査—，第21回海岸工学講演会論文集，pp.471～475，1974。