

スタジアム式多目的人工海水浴場について

熊本工業大学工学部 正会員 橋 村 隆 介

1. まえがき

今後さらに週休2日や休暇日数の拡大にともない余暇時間の活用に対するレクリエーション施設の需要が増加することが予想される。その中で、海洋性レクリエーションの一施設としての海水浴場の充実が必要になるものと思われる。

人工海水浴場を考えると、海水浴、砂遊び、海辺の散歩、釣り、休憩、交歓の場などとして多目的に利用できる海水浴場を計画することは好ましいことである。しかし、自然海岸に人工海水浴場を構築することによる自然景観上の問題が存在する。そのため、海岸線一体の自然環境と利用環境の整備について検討することは重要な課題であり、これらの要請を可能な限り包容し得る海水浴場の開発が必要である。

熊本県内には多くの海水浴場が各地に点在しているが、それらの海水浴場は熊本県の地勢的特徴のため優れた海水浴場とは言えず、多くの県民が遠距離にある海水浴場に出かけるか、近くの優良とは言えないところで親しんでいる。これは、大きい潮汐差、水質上（海底の泥質、海水交換の不足などによる）の問題、沿岸流、離岸流、潮流などの影響、あるいはさめ、岩礁などの危険にさらされているためである。特にこれらの海岸では干満差による汀線の移動距離が数百メートルに及ぶところがある。

この研究は、日本でも最大級の干満差を持つ海岸に人工海水浴場を設置することを考えて取り組んだものである。この人工海水浴場は、防波堤、離岸堤あるいは護岸の機能を果たしながら、全体で多目的な利用の可能性を有するものとして考えた。ビーチ全体の姿は自然景観と調和し、砂浜をできるだけ確保し、養浜された砂浜は多目的に利用されるものとし、建設・保守・管理・整備に対し、少ない経費で済むように配慮した。

設置対象地点としては不知火海の戸馳島の海岸を考えた。戸馳島は、プールがなく多くの水浴希望者にとっては必要とされるものであり、水資源上の配慮ある施設として必要である。またこの場所は、潮干狩のできるところでも有り、若宮キャンプ場としても利用されているため優れた場所と思われる。

2. 養浜工の設計

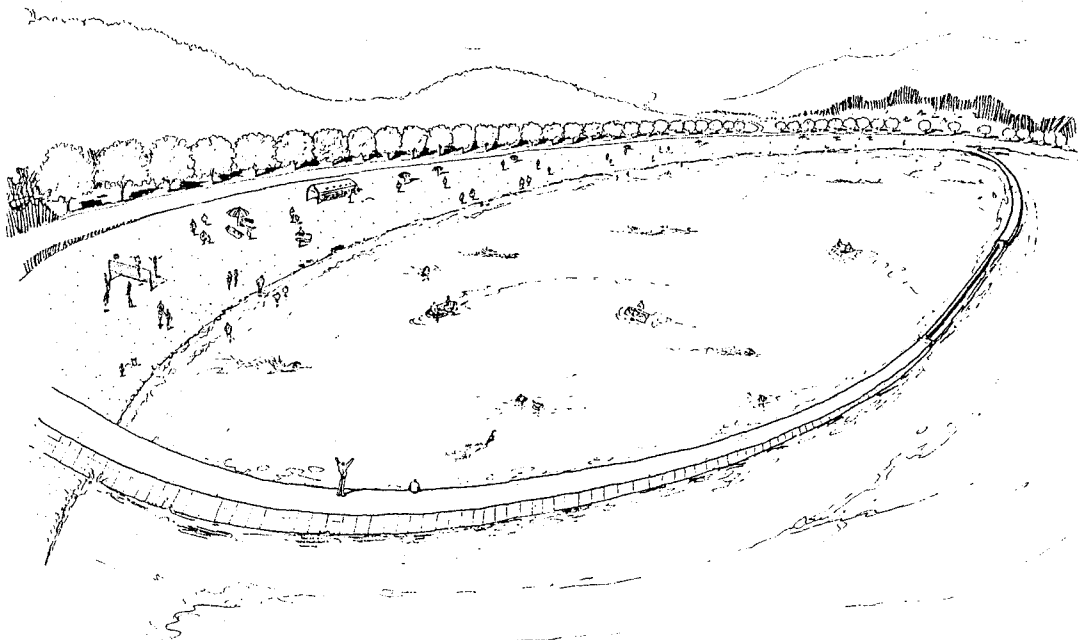


図-1 鳥瞰図（ダム操作室および監視棟を除く）

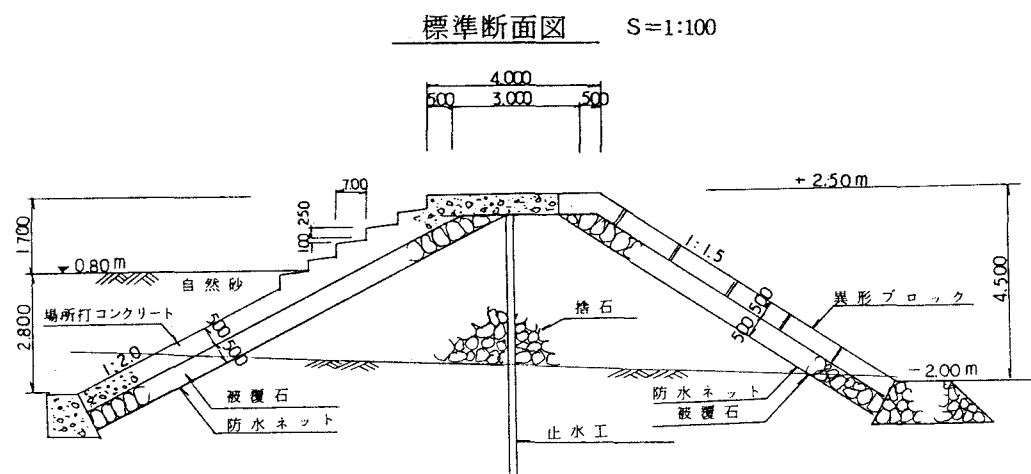
人工養浜工として、傾斜型の堤防・護岸の表のり面または裏のり面の被覆工の表面を階段状とした傾斜型の連続堤で不透過式の堤体を用いることにする。この方式による堤体を複合式離岸堤と名付けることにする。この複合式離岸堤は、潜堤としての機能を有するものとし、汀線より沖合いで現地盤を石、コンクリートなどによって被覆し、来襲波を軽減し海水により養浜砂などが持ち去られ堤内の土地が侵食するのを防止すると共に、堤内の安全を確保する。また、裏のり面を通路、休憩場などのレクリエーションの場として利用する。

構造形式としては底質状況、潮位状況、遊泳者の安全、水質維持、波浪の減衰、流れの局所的発生防止などの点から、ある規模以上の波浪の堤内への侵入を軽減するような断面を有する堤長300～400mの曲線形の複合式連続離岸堤とした。

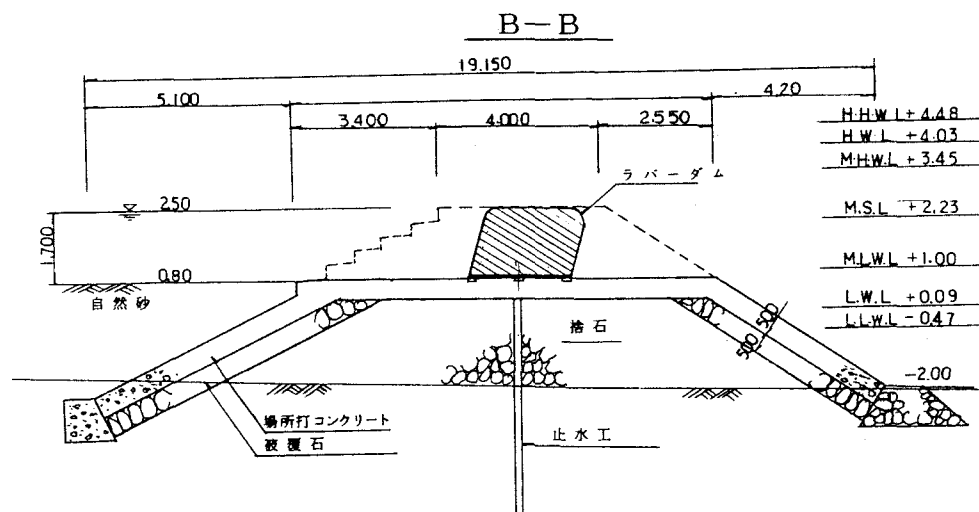
2. 1 天端高および天端幅

この計画では養浜工を設置することによって砂浜の安定を確保しようとするものであるが、天端高および天端幅をどの程度に設定するかが問題となる。天端高および天端幅は、潮位状況を調べ波浪の減衰と越波のために砂の消失や水位上昇を招かないように決定しなければならないが、このタイプの養浜工は現在までに建設されたことがなく、適切に規定することはできないので階段式護岸、離岸堤（潜堤を含む）、傾斜堤に関する実験結果と実績によった。

砂の流失を防ぐために、ビーチ全体を連続した養浜工で覆ってしまうと海水の入れ替えが困難になり、養浜場の水質の低下を招くことになる。しかし、不連続堤にすると、開口部は一般に波が集中しやすいため端部に洗掘や凹凸が生じ、局所流が発生したりして危険になる。このため、水質低下を招かないように配慮した連続堤とした。



図一2 養浜工標準断面図



図一3 養浜工標準断面図（ラバー・ダムを含む）

離岸堤によって波高減殺をはかる場合、天端の高さを増すことが最も効果的であるが、天端高を高くすることは潮位差の大きい海域であるため、景観、海面利用、地盤、構造安定および経済上などの点から不適当であり、天端高をひかえる必要がある。一方、離岸堤の天端を下げ潜堤形式にすると、堤体背後の水位上昇による沿岸周辺の低地地域の冠水の危険性が増大することも考えられるため、堤体の構造形式の選択においては、堤体背後の水位上昇による安全が脅かされないように十分配慮した。田中による実験を用いてもっとも危険な場合を想定すると、浜近くの水位上昇量は15cm程度となる。しかしこの値は、現地波浪の周期より大きい値について求めていることなどの理由から水位上昇量はこれよりも小さいものになると思われる。

天端面は水防および工事用道路として利用されること、散策、憩い、釣り場などとして利用されることおよび海浜より出る堤体で陸からまきだしながら施工するときの安定計算上十分な幅であることの他に、施工のしやすさを考慮して決めた。しかし天端面を広く取るとは経費の増大と天端面で砕波を生じる可能性が高くなるのでその点に注意した。

以上の結果、現地海岸の潮位、波高、周期、波向などの変化を考慮し、天端高D. L. + 2.5 m、天端幅4.0 mの図-2に示す構造とした

2.2 のり面

表のり勾配によって越波流量が変化するので、勾配の決定に当たっては堤内への影響に配慮しなければならない。勾配があまり緩すぎると、堤体が大きくなり建設費用の増大を招くので、堤内の砂の安定に配慮して1:1.5とした。裏のり勾配は、堤体の安定、堤体後面の洗堀に対する安全性、現地盤の状況、施工後の堤体の利用などの観点からできるだけ緩勾配とすることが望ましいが、建設費を増大する結果となるので階段式護岸における表のり勾配に準拠し1:2.0とした。

階段の高さは、高すぎると利用に対して安全性および快適性が低下する場合があるので25cmとした。階段の幅は、階段の高さとあわせて利用者の歩行に対する安全性、快適性に影響を及ぼすと共に、表のり勾配と密接な関係があるので、これらを総合的に考慮して70cmとした。階段面の勾配は、勾配が急すぎると滑り易くなり利用上好ましくない。特に感潮部は藻類の繁殖により滑り安く、利用上危険となる場合がある。表のり勾配、階段の高さ、階段の幅を総合して1:10程度としたが、できる限り緩勾配とすることが望ましい。

表のり被覆工は、波圧などの外力に対して十分な強度を有すると共に、波浪に対する侵食や摩耗に耐えられる構造とする。コンクリートの被覆工を階段式とするので被覆の厚さは、もっとも薄い部分においても50cm程度とした。階段面などのコンクリート部材の角は、利用者の安全確保や物の衝突などによる損傷を防ぐために面取りをする。裏のり面は、特に海水浴客をはじめとするレジャー客などの通路や休憩の場として利用されることが多く、階段部の角やコンクリートの損傷が、これらの利用者のつまづきや怪我の原因となる恐れがある、また、美観の面からも好ましくないで面取りをする。

2.3 基礎工

堤体は、砂地盤などの比較的透水性の大きな地盤上に建設するため、遊泳区域の遊泳時における水位減少を防ぐため基礎工に矢板による止水工を用いる。止水工として用いる矢板工は、のり先洗堀に対しても基礎工の一部として基礎工に加わる水平力に抵抗する機能や、基礎ぐいとしての機能を発揮する。

3. 養浜の設計

この計画では、養浜砂の移動防止、海浜利用面積の確保、周辺地域に対する環境保全を図る構造物として曲線形を取り入れた連続式養浜工を設けることを考えた。このため、養浜工で囲まれた遊泳場における水理特性において不明な点が多い。また、計画地点は、閉ざされた八代海域に属し、大きい潮位差を生じるため独自の海岸特性を示し、波や流れに関しても海岸工学上の不明な点が多く、それらの特性を十分組み入れた養浜設計を試みなければならない。

3.1 養浜形状

通常養浜砂は波や流れによって移動し、多少なりとも対象区域外へ流失する可能性があることおよび継続的に多量の養浜材を入手することは多額の経費を必要とするため、連続式養浜工（潮位によっては潜堤となる。）によって波を減衰または遮蔽し、流れを極力おさえ流失を防止することを考えた。このため養浜工の効果によって、養浜砂の中に含まれる微粒子が洗い流される程度でその実質部分はほとんど流失しないものと考えられる。逆に堤外から浮遊砂として進入してくることによる堆積が考えられる。

養浜砂の移動防止工として養浜工を設けると、現地の波の作用を受けて落ちてく安定勾配は粒径0.2mmと

仮定すると、約1/10となる。底質の中央粒径と満足度の関係では、粒径が細かいほど好まれる。

現地の海岸は、大きい潮位差のため波の作用する位置が潮位によって変化するので、海浜勾配を任意に設定することは困難であるが、潮位によっては養浜工の効果により波高の減衰率が上がるためさらに緩い安定勾配が得られるものと思われる。このため、わが国の海岸事情と経費について考慮すると、海底勾配は1/20～1/30程度が適当と考えられる。

この計画では、養浜工の特性により勾配を任意に変更できるので波の作用によって計画断面と異なった形状を示す場合、養浜場の海水を排除している時間帯に現場にて修正作業を行うことができる。

3. 2 計画平面

ビーチの計画平面を図一5に示す。このビーチは、これまでの人工ビーチとは異なり法止工を兼ねた養浜工により水域を囲み低潮時にはその養浜工により水域内の水位を1.7mの水深に保てる様に配慮した。

海岸線は、水位（潮位）の変化とともに円弧状の海岸線が現れるように工夫した。このため、水位によって汀線延長が変化し、D. L. +4.0mとき海岸線は約315m、海面の面積は約22,800㎡となる。D. L. +3.0ときは海岸線は281mとなり、海面の面積は約16,300㎡程度となる。ちなみに、このとき生じた砂浜は約6,400㎡である。沖の養浜工が海面に現れると、離岸堤延長約333mが海岸線に加わることになる。このとき遊泳面積だけで、いわゆる公認大型プールの約13面に当たる。

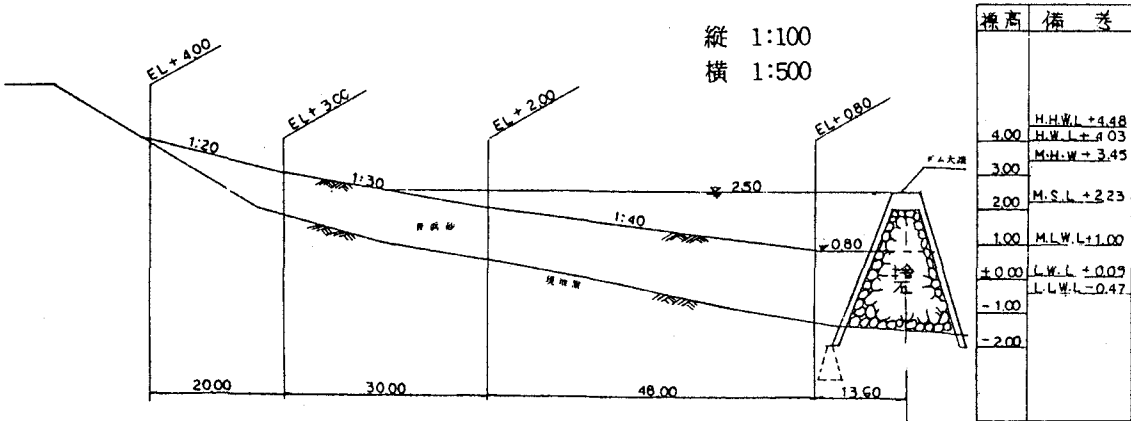
海浜の平面形状に関しては、連続式養浜工に沿った形のスタジアムタイプにした。

4. 水位維持および浄化施設

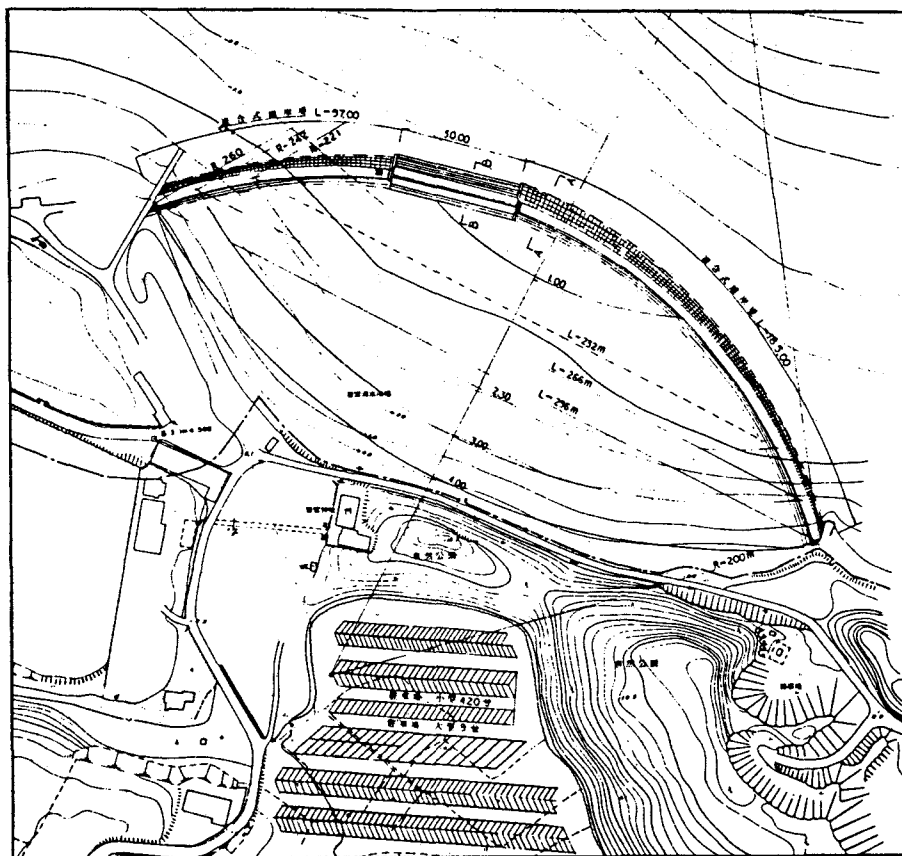
快適な海水浴場を考える場合、もっとも大切なことは遊泳区域内の適正な水質を維持管理することであろう。計画地点における海岸は、潮位上昇時に波によって海底のシルトが攪乱され、濁りが発生することによる透視度の低下をまねいているものと思われる。そのため、ある水深以上の水位時における上層の海水を確保することが必要であるように思われる。一方、この計画では養浜の安定、遊泳場の安全、侵食防止などの観点から連続堤によって海域を囲むことによって遊泳海域での海水の停滞を助長し、周辺海域との海水の交流を拒む結果となり遊泳場の水質低下が考えられる。このため、ある周期毎に遊泳区域内の海水を交換しなければならない。以上の点を解決するため、養浜工の間にラバーダムを設置することにした。

この工法は、堤体中央付近のコンクリートを凹状にして媒体（空気または水）で膨らますラバー・ダムを設置することを考えた。このラバー・ダムの中の媒体を出し入れすることで遊泳区域内の水位調整を自由に行う。このため、低潮時でも遊泳可能な水位が維持できる。ダムの倒伏時の高さとしビーチの最低面の高さを平均干潮面付近とすることで干潮時に媒体を抜くと海水交換が可能となり、水質低下を防ぐことができる。また、起立時は沖よりの波浪に対し消波機能を発揮し、波浪による砂の流失がなく海岸侵食対策となる。

このビーチの計画では、極力周辺の自然環境に悪影響を及ぼさないようにビーチの形に配慮を加えた。そのため養浜工によって囲まれた遊泳場とその外との地下の流通ができるように底に遮蔽壁を設けなかった。このビーチを建設することによって流況の変化がなるべく起こらないように、構造物を汀線に沿ったスタジアム式の形を採用した。ラバー・ダム採用に当たっては、海水交換時にラバー・ダム部分の流速が急激にならないよう養浜工長の15%程度の長さとした。



図一4 養浜標準断面



図ー5 人工海水浴場平面図

4. 1 ラバー・ダム特性

ラバー・ダムは、機能性からみると、遊泳区域内の水位維持、水質低下防止に伴う海水交換時における起立・倒伏が可能で、その操作が極めて簡単である。また、望みの水位に調整ができると共に養浜砂の影響を受けることなく維持管理ができる。経済性からみると取り付け部は簡単な構造で良く、堅固でありさえすればあらゆる法勾配に取り付けることができる。また、鉄扉の場合と比べてもっとも特徴的なことは長大スパンが可能であり、動力・送風・送水機関係の注油を除けば、定期的な錆落とし、塗装さらには油圧オイルの交換などメンテナンス費用の軽減を計ることができる。なお、激浪の来襲に対してダム破損の可能性がある場合には、スリット式の防波堤などの消波構造物をラバーダムの前面に設置するとよい。

4. 2 水位計画

この計画では、水位維持のための養浜工（潜堤）中央部の最低天端高をD. L. +2. 5mに取っているため、遊泳区域内は干潮時でも水位が1. 7m程度維持されるようになっている。またこの海域は1日2分潮を示すため、M. H. W. L.=+3. 45m、M. L. W. L. =+1. 00mのときは1日のうち約6～7時間が天端より高い水位になり、このとき構造物は潜堤としての機能を示す。また、遊泳区域内の最高水位はほとんどの場合法尻付近で3mを越えることは少ない。一方この他の時間帯は階段式離岸堤としての機能を有することになる。天端高は潮位変化に応じて有水面積が変化するように勾配を設けた。このため、潮の低下に従って天端が岸より、徐々に現れることになる。

5. 安全対策について

計画のビーチは、著者の知る限りでは全国的にも計画施工されたことがないため、実績に乏しく安全性について不安な面がある。以下、その不安解消の対策として配慮した点について述べることにする。

一般に海岸には離岸流が存在し、特に高波高時にはこの流れが卓越することがしばしばあり、遊泳者は沖に運ばれるか岸にたどり着くことができなくなり、海難事故に見舞われることがある。このため、養浜工（潜堤）の

天端高をなるべく高くし、それに備えなければならない。しかし、一方建設費用の点と景観上の点を考慮すると、高さに制限を加えなければならない。

この計画では養浜工が潜堤としての機能を果たすとき、遊泳区域内の波高は減衰する。そのほか養浜工が海面より出沒するときは、遊泳区域内は養浜工によって囲まれ、波は遮蔽されることになる。さらに天端高をなるべく全区間において一定勾配にしたことにより、下げ潮時における遊泳区域外への海水の流出による流速の低減を図った。また、高潮時において天端高と海面差が約2m近く存在する所があるため、若干問題が残るが、今まで施工された離岸堤工による人工ビーチと比べると安全であると思われる。しかし、安全にすると遊泳者に過信を与える結果となり、かえって危険な場合があるのでこれを解決するためには養浜工上にフェンスを設けるなどの配慮を加えると良い。

この養浜工構造物には、養浜工より岸の眺めを楽しむためと遊泳者の休憩地として岸側に階段を設けた。考えた。両側ののり面勾配も費用の許す限り極力緩勾配とした。また離岸堤の天端上に0.5m程度の透過構造物を設置するとさらにこれらの効果が高まるものと思われる。

以上の他、最も問題点の一つとなる点は堤体にカキ、フジツボなどが付着する可能性があり、それによって利用者に事故が発生することが考えられる。このため、年1回程度の付着物の剝離を考えるとよいように思われる。

6. まとめ

この計画の海浜では、全体的なレイアウトを曲線で構成させた。ビーチからの展望を重視するためと砂浜の安定確保のために養浜工の天端を抑え、海浜の勾配はできるだけ緩やかにすることに努め、堤体が海面下にあるときは、遊泳区域内で波とのふれ合いを保つようにした。潮位変動時には海浜の変化がみられ、利用者が自然のダイナミックさを感じるように努めた。さらにビーチには、大域にいろいろな景観の変化が現れるように自然石を用いて日本庭園のような景観になるように努める。

この人工海水浴場の建設費の概算は、付帯施設を除くと3億8千万円程度である。これを、大型プール(50mx25m)に換算すると1面当たり約3千万円程度となる。また、学校のプールと比較すると建設・保守・管理・整備に対し、少ない経費で済むと考えられる。利用範囲については、学校教育施設、福利厚生施設、観光・レクリエーション施設などが考えられる。

最後に、この研究は熊本開発センターの助成を受けて、「熊本県海岸線の高度利用のための学校・厚生施設としての海水浴場の可能性について」について実施したものである。また、本研究を行うに当たって貴重なご意見を賜った熊本工業大学教授武上成比古先生に謝意を表すとともに、ご協力を賜った五洋建設(株)およびブリジストン(株)に感謝する。

参 考 文 献

井上雅夫ほか、"海水浴場に関する海岸工学的研究"、第23回海岸工学講演会論文集、土木学会、1976、pp.572-576。

久田安夫ほか、"砂浜等を有する人工島の計画及び設計法に関する研究(第一報)"、第22、23回海岸工学講演会論文集、1975、76、pp.9-14、pp.597-601。

合田良実、"港湾構造物の耐波設計"、鹿島出版会、237p..

合田良実ほか、"不規則波に対する護岸の越波流量特性について"、第23回海岸工学講演会論文集、1976、pp.176-181。

樫木 享、"漂砂と海岸侵食"、森北出版、1982、195p..

佐々木民雄ほか、"海洋性レクリエーションに関する研究"、第21海岸工学講演会論文集、1974、pp.471-475

柴田綱三ほか、"階段式護岸の設計について"、港湾技研資料、No.380、1981、13p..

田中則男ほか、"天端幅の広い潜堤の波浪減殺および砂浜安定効果について"、第23回海岸工学講演会論文集、1976、pp.152-157。

田中則男、"海水浴場としての人工浜の施設計画と設計"、港湾、1977、pp.48-53。

田中則男ほか、"天端幅の広い離岸潜堤の波浪減殺および砂浜安定効果に関する二次元実験(第二編)"、港湾技研資料、No.260、1977、pp.33-47。

竹田英章ほか、"傾斜堤の波高伝達率算定法に関する実験的研究"、第30回海岸工学講演会論文集、1983、pp.400-404。

日本港湾協会、"港湾施設の技術上の基準・同解説"、日本港湾協会、1979。

三浦 晃ほか、"潜堤の波高伝達特性について"、第25回海岸工学講演会論文集、1987、pp.293-296。

三浦 晃ほか、"潜堤による伝達波の特性について"、第26回海岸工学講演会論文集、1979、pp.304-307。

全国漁港協会、"漁港構造物標準設計法"、全国漁港協会、1984。