

神戸須磨海岸の養浜事業

神戸市港湾局 正会員 脇 茂行
神戸市港湾局 正会員 山本 信行
神戸市港湾局 正会員 山崎 平弥

1. まえがき

神戸須磨海岸は、神戸港内の西の一角に位置し、またポートアイランド、六甲アイランドをはじめわが国の代表的なライナーポートとしての東部の港湾機能と分離し、市民に開放された水際線を確保した海岸である。

この須磨海岸は古くから白砂青松の景勝地として万葉集や源氏物語に登場し、源平一の谷合戦の古戦場など歴史の舞台としても知られている。また気候温和で美しい自然と環境に恵まれ、夏には海水浴場として賑わうなど四季を通じて多くの人々に親しまれている。須磨海岸と称する区域は、東は妙法寺川尻に位置する須磨港ヨットハーバーの防波堤から、西は堺川までの延長約 3.6kmの海岸である。

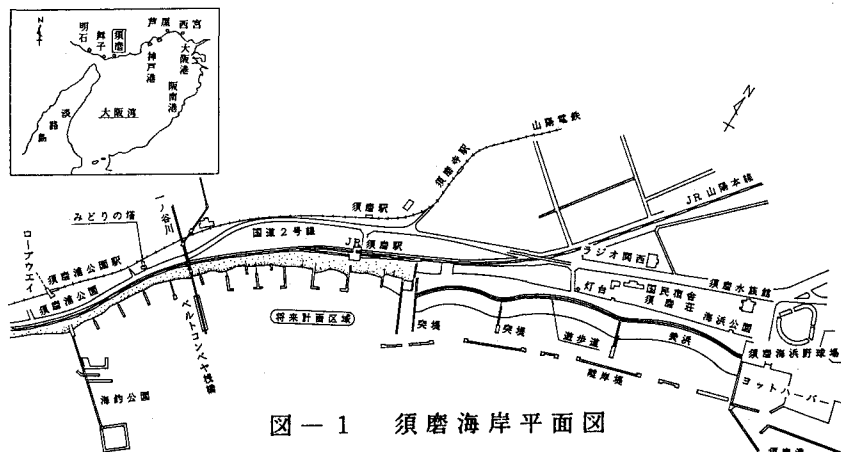


図 1 須磨海岸平面図

この須磨海岸は、土地の古老話や写真によると、昭和20年頃までは砂浜幅は60~70m程あったようであるが、その後浸食が進み砂浜が減少し、台風などの暴風時には、浸水に対する市街地の防護効果の減少など、防災上の見地からも危険となった。この原因は背後山系の治山、治水工事の影響と隣接海岸の整備等による漂砂の減少ではないかと考えられる。

神戸市では、昭和32年頃から昭和44年までに護岸の補強を行うとともに、突堤の改良及び新設により砂浜の浸食を防ぐように努め、砂浜の幅が35m程度までに復元した。一方、昭和30年代後半からの産業の高度成長に伴い海水の汚濁が進み、昭和44年頃には海水浴場には適さない程にまで水質が悪化した。神戸市では、阪神間の海岸が地域開発のため埋立てられ汚染、汚濁されて次々とその姿を失うなかで、阪神間唯一残された須磨海水浴場の存続について検討を行い、今後の整備にあたっての基本方針を決定した。その内容は、①海水浴場としての水質改善、②防災のための海岸の整備、③恵まれた自然環境の保全と潤いのある豊かな海岸環境の創造、④市民のレクリエーションの場の整備、である。①の水質改善については、公共下水道を整備することにより生活排水等の流入防止、またオイルフェンスの設置により海上浮遊ゴミや油分の侵入防止及び河川の殺菌等を実施する。②~④については、須磨海岸及び隣接区域を含めた施設整備を図ることとし、須磨海浜公園、須磨浦公園、ヨットハーバー、海釣公園の整備を進めるとともに、養浜事業を実施しこの地区を観光レクリエーション地区として位置づけることとした。

本文はこうして位置づけされた海洋性レクリエーション施設としての須磨の養浜事業について、事業実施において生じた問題とその対策及び事業の成果についてその概要を紹介するものである。

2. 事業概要

養浜事業は海岸に砂を投入し、人工的に砂浜を造成することにより、波のエネルギーを減殺し、防災目的を達成するとともに、人々にレクリエーションの場を提供するものである。しかし浸食傾向にある海岸に砂を投入するには、投入砂の安定を図るため浸食防止施設が必要である。ここで問題となるのは浸食防止施設が逆に、海水浴場内の海水の交換を妨げ、水質の汚濁を生じさせたり、景観や機能を損なわないよう、また周辺地域の環境に悪影響をあたえないように配慮しなければならないことである。

したがって養浜事業の計画にあたっては、その地域特有の自然条件、社会条件、経済性、施工性を十分調査し、検討する必要がある。しかし、建設にあたり当初はまだ、現地での実績も乏しく、実験結果や自然海浜におけるデータを用いて設計せざるを得ず、市では運輸省港湾局の指導と協力を得て事業計画を立案した。

事業を進めるにあたっては、運輸省の港湾技術研究所の指導を仰ぎながら昭和42年から事前調査、昭和44年には模型実験、昭和45年には現地実験に着手し、当時の砂浜の幅35mを100mに拡大する養浜及びこの投入砂の流失を防止し、しかも水質保全にも配慮した浸食防止施設として、離岸堤、突堤を整備することとした。また、本事業は環境行政を見直した昭和48年度からの海岸環境整備事業のモデルケースとして、また運輸省の補助事業として、スタートした。さらに、この計画はニースの海岸をモデルに当時としては全く新しい海水浴場及び総合臨海公園としての計画でもあった。

すなわち、安全で快適な海水浴、緑地の木陰や白砂、波と戯れながらの散策など、四季を通じて人々の憩いの場となる臨海公園を目指すものであり、養浜の幅100mについて、海側50mは砂浜として利用し、背後の幅50mは、広場、遊歩道、緑地等の施設を配置し、四季を通じて公園としての利用を考えた。整備した主な施設は、図一2、表一2に示すように、離岸堤6基（副離岸堤2基を含む）、突堤4基、養浜67万 m^3 及び遊歩道をはじめとする上物で、投入費用は約60億円である。

事業着手以来13年、昭和61年度までに海岸線延長1.4kmに及び人工海浜ができ、海洋性レクリエーションの場として人々に親しまれている。夏の海水浴利用者数は昭和45年当時38万人であったが、現在では100万人近くまでになっており、須磨海岸は神戸市民の財産として、また、周辺地域の人々にとっても貴重なものになっている。

3. 施設概要及びその計画上の問題

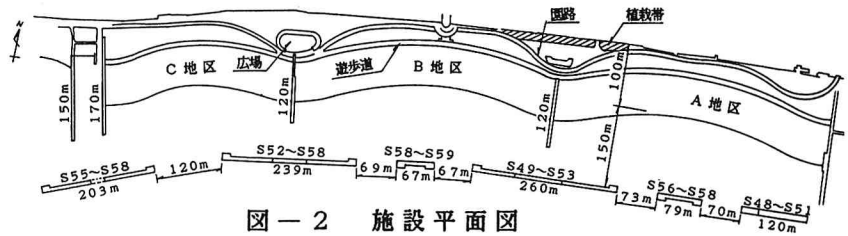
点と対策

離岸堤、突堤、養浜及び遊歩道等の上物について、各施設別に検討した問題点とその対応策を順次記述する。

(1) 離岸堤及び突堤

離岸堤設置位置は護岸から250m、砂浜幅100mの水際線から150mである。離岸堤の天端高さは、通常荒天時の波高

（5年確率 $H=2.6$ m）を対象に考え、 $H.W.L\ 1.7+2.6 \times \frac{1}{2} + \text{余裕 } 0.2 = +3.2$ mとした。これは+3.0 mの砂浜に座って離岸堤越しに向こうの海面、行き交う船及び水平線が眺められる高さでもある。離岸堤の構造は設計波高4.75mに対処するため、ケーソン式混成堤とし、その前面には海苔養殖用小形船への返し波による危険防止を考慮し消波工を設けた。当海域は冬季を中心に海苔養殖がさかんであり、また夏季の海水



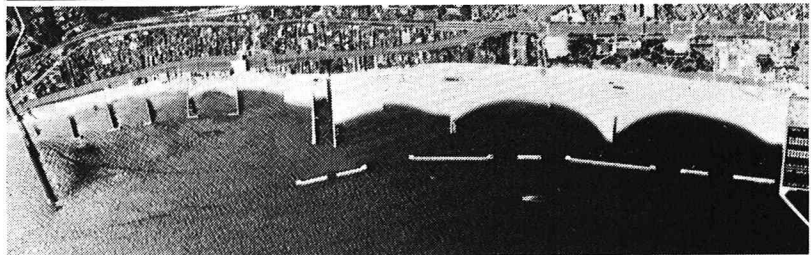
図一2 施設平面図

表一1 設計条件

波 高 (m)	4.75
周 期 (s)	7.9
波 向	SSW
潮 位 (m)	
L.W.L	0.00
H.W.L	1.70
H.H.W.L	3.70

表一2 施設概要

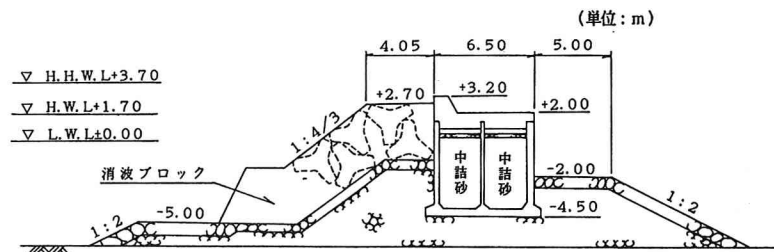
海岸延長	1.4 km
養 浜	67 万 m^3
離岸堤	969 m (6基)
突 堤	560 m (4基)
遊歩道	1330 m



写真一1



写真一2



図一3 離岸堤断面図

浴場として利用しながらの施工であり、現地では施工期間の短縮に迫られること、大型クレーン船が得やすいこと、また防災対策を優先した構造形式としてケーソン式構造を採用した。

なおケーソン式は不透堤であるため海水交換がなく、水質に悪影響を及ぼすことも考えられることから、ケーソンの上側を1.5m×0.15m切り欠いて各継目で通水孔を設けることにした。

離岸堤間の開口部幅は、砂浜の安定と海水交換による水質保全を考慮して決定すべきであり、種々の模型実験結果から当初計画

は、離岸堤開口部幅を100～220mに配置することとし、昭和48年から昭和58年にかけて4基を施工した。それと同時に逐次養浜の施工も並行して実施し、砂の移動、安定について観測した。その結果、離岸堤開口部の砂の移動が大きく、当初計画した汀線の湾曲とは異なった形状となり、養浜幅が減少し、またスパン中央部で勾配が急になった。そこで再度、検討を行い、開口部に副離岸堤の設置を決定し、昭和56年度から昭和59年度に2基を設置した。

突堤については、離岸堤と組合せて、砂の移動を防止し砂浜の安定を図るものであるが、ここでは離岸堤と直角に位置するI型突堤とし、上部の安全な利用と海水浴における事故防止、工期短縮及びH.W.L.+1.70mを考慮して天端高+2.0mのセルラブロック沈設堤を採用した。

突堤間隔は、海水浴等の利用、景観からはできる限り広い方が良いが、浸食防止効果との関連で決める必要があった。須磨海岸では、一般の自然海浜の孤状に出入する間隔が最大500m程度であることを考慮し、突堤間隔を約500mとした。

施工については、須磨海岸は市街地に隣接し、直背後に観光、レクリエーション施設も点在しているため、四季を通じて訪れる人々も多く市民の憩いの場となっており、一連の養浜工事も利用者に極力支障にならないよう配慮する必要があった。陸上からの搬入路も十分でなく、建設資材はほとんど海上から搬入せざるを得ない。また毎年7月、8月は海水浴場として開放せざるを得ないし、直前の海面は10月から翌年5月中旬まで海苔養殖が行われるため、海上の工事期間は年間3ヶ月程度に限定されてしまう。したがってケーソン、セルラブロック及び消波ブロックはほとんど海上工事前に製作しておくなど、工事期間の短縮を図る対策や工法の選定について常に心掛ける必要があった。このような状況の中での施工実績を取りまとめたのが表-3である。

表-3 年度別施工実績

工 種	計 画	48年度	49年度	50年度	51年度	52年度	53年度	54年度	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	合計
養 浜	70万m ³	2万m ³	2万m ³	2万m ³	2.5万m ³	8万m ³	9万m ³	8万m ³	5万m ³	6.3万m ³	4.19万m ³	2万m ³	5万m ³	6.3万m ³	5万m ³	67万m ³
離 岸 堤	6基(969m)	(ケーソン式 製作のみ)	90m	100m	115m	136m	89m	89m	97m	80m	106m	67m	—	—	—	969m
突 堤	4基(560m)	(セルラ 製作のみ)	50m	10m	10m	10m	40m	80m	80m	—	40m	30m	120m	70m	20m	560m
遊歩道	1330m	—	—	—	—	—	—	260m	492m	165m	—	—	366m	33m	—	1316m

(2) 養 浜

養浜工の計画について、まず養浜砂の選定問題であるが、①入手が容易で量的にも可能なこと、②有機物や有害物質を含まないこと、③砂浜の安定性がよいこと、④利用者の感触やイメージの良いこと、⑤経済的なこと等を総合的に検討して決定する必要があった。須磨海岸では、養浜材料としての砂は、沖合に求めることが不可能であるため、現地砂と粒度や色調とも似通った60%径約1mm程度、均等係数2.5程度の粗目で白い色調の海砂を購入し、投入することにした。

砂浜の計画高さはC.D.L.+3.0mとし、浜勾配1/10で現地盤にすりつけた。背後の諸施設整備区間は+4.0～5.0mに一段高くし、高潮波浪に対処するようにした。その境界には階段式遊歩道を設置することとした。この構造断面を図-6に示す。前浜の幅員を50mに決定したのは、海水浴客の分布特性から判断したものであり、航空写真から海水浴客数とその分布状況を調査し決定した。

養浜の施工は、順序としてはまず浸食防止施設である離岸堤や突堤を先行して設置した後、養浜工事を施工することになる。したがって養浜工事は海水浴期間後でしかも海

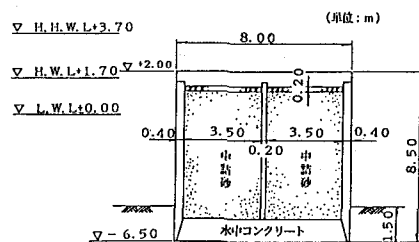


図-4 突堤断面図

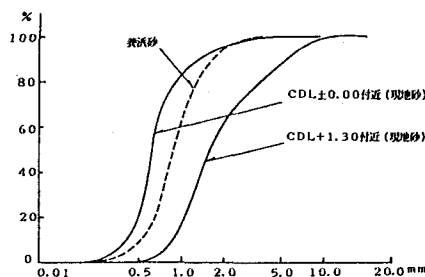


図-5 砂の粒径加積曲線

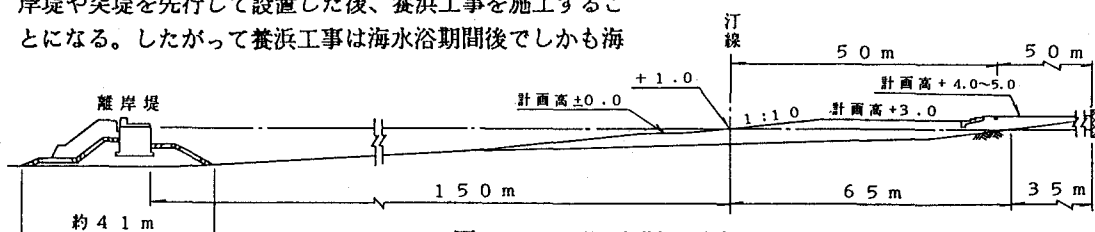


図-6 養砂断面図

苔養殖前の毎年9月に台風期の危険をおかして施工せざるを得ないし、施工法や施工限度量も定まってくる。このため1日数千 m^3 の能力を持つ大型ポンプ船を使用して施工した。養浜の施工方法は、ガット船で運搬してきた砂を箱形バージに積み替え、この中にポンプ船にセットされたポンプにより海水を注水し、混砂水状態にした後、ポンプでこれを吸い上げ、排砂管により送砂して所定の位置に撒き出す。水際線より陸側については陸上排砂管に連結して所定の位置に送砂し、海側については砂まき船に連結して撒布管から海中に置砂するものである。陸上部の置砂は湿地ブルドーザーにより整地を行うが、ブルドーザーの押土は30m程度までとし、それ以上は排砂管を移動させる。水中部は砂まき船を移動させながら、また撒布管を上下に操作しながら所定計画勾配に仕上げていくものである。

(3) 遊歩道等の上物

養浜によって約100mに広がった砂浜に階段式遊歩道を設けている。天端高さは+4.0mとし、前面砂浜高さ+3.0mとの間に1mの段差を持たせている。この間に設ける階段は、ベンチとして人々が座り、しかも縦横に人が通り抜けられるよう、けり上がり25cm、踏幅1.2mとした。天端は幅員3.0mの水叩き兼用の遊歩道とし、できるだけ自然な感じでイメージの良い色調であり、滑りにくく素足で歩いて安全なものとして検討した結果、赤茶色をした天然石(インド砂岩)の割肌のものを張石することとした。

階段式遊歩道は砂浜の湾曲した汀線とも調和するように半径約500mとし、散策路や休息所として利用者に喜ばれるように配慮した。

また遊歩道背後幅50m部分の整備は、夏季海水浴シーズンに建ち並ぶ「海の家」のスペースを考慮し、さらに背後の公園及び市街地との整合性を考え多目的な公園として利用するため、インターロッキング等の舗装をした広場、パーゴラ及び四阿のある休息広場及び管理用の通路を兼ねた園路さらに防砂、防風機能があり、潤いをもったものとするための植栽帯を配置するように計画した。樹種は潮に強い黒松を主とし、白砂青松の海岸を再生するとともに、公園としての潤いをもたす為、中・低木も配置した。

4. 事業の成果

(1) 養浜砂の安定について

① 砂の収支

離岸堤及び突堤を配置することにより、投入した砂がどれだけ離岸堤内の領域にとどまるかが大きな問題であり、本事業の関心の的でもあった。養浜後の砂の移動状況については、年4回(6月、9月、12月、翌年3月)定期的に測量をおこない調査している。図-10に離岸堤内の領域における砂の変化を示す。実線は残量(養浜前の地形からの増加量)を示し、破線は養浜砂の累計投入量を示している。施工当初以来顕著な台風に見舞われたこともなく、投

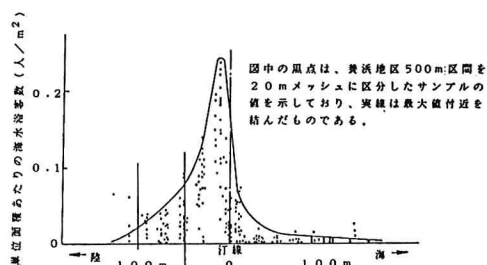


図-7 汀線からの距離による利用者密度

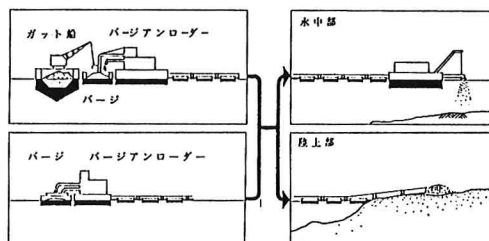


図-8 養浜施工パターン

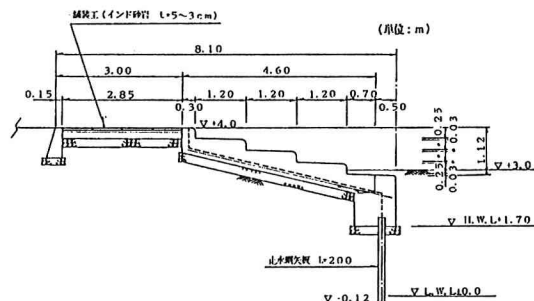


図-9 遊歩道断面図



写真-3

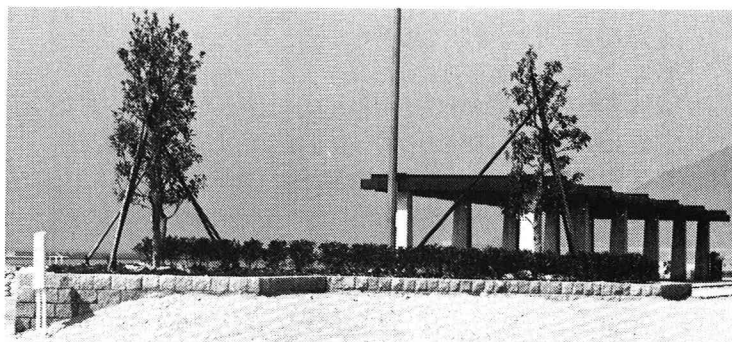


写真-4

入砂のほとんどが離岸堤内の領域にとどまり、離岸堤外への砂の流失はわずかであると考えられる。

② 離岸堤と砂の安定との関係

図-11は、離岸堤長 (Y_B)、開口幅 (ℓ_0)、離岸堤位置 (X_B) 及びトンボロの振幅 (X_A) (汀線が最も後退した点と最も前進した点の距離) の関係を調べたものである。図から離岸堤長 (Y_B) とその位置 (X_B) が $X_B \approx 0.7Y_B$ の関係にあり、また離岸堤長 (Y_B) と開口幅 (ℓ_0) は砂が安定した副離岸堤建設後のデータを採用すると、 $\ell_0 \approx 0.4Y_B$ の関係があると考えられる。また、離岸堤長 (Y_B) とトンボロの振幅 (X_A) についても、ほぼ $X_A \approx 0.3Y_B$ の関係があると考えられる¹⁾。

これらの結果は、将来の延長計画におけるレイアウトの決定に際して重要な要因となる。また他地域における養浜計画の参考になれば、幸いである。

(2) 養浜の利用について

① 海水浴場としての利用

現在、海水浴場として利用できる砂浜は、人工養浜 1.4kmを含め延長約 2 kmで、海水浴シーズンになるとこの砂浜に仮設の売店「海の家」が約60軒建ち並びとこせましと賑わっている。

海水浴利用者数は、毎年7月1日の海開きから8月15日までの1ヵ月半を集計している。その変動を図-12に示すが、昭和53年の夏は梅雨明けが早く、しかも連日30℃を越える真夏日や、最低気温が25℃を下らない熱帯夜が続き、史上最高の人出となった。また昭和55年は、全国的に冷夏となって人出は減少した。このように海水浴客数はその年の夏季の天候に強い影響を受けるものと考えられる。

海水浴期間中の水質検査結果を表-4に示す。気温の上昇に伴い水温が高くなれば、水質も悪くなり赤潮の発生率も高くなるが、流入河川や雨水溝は絶えず塩素殺菌を実施し、背後地の下水道も順次整備が進んだ結果、最近は大腸菌も減少し、水質上の問題も減少した。

表-4 水質検査結果

	利用状況別検査結果			神戸市 水質基準																	
	快晴	曇	不測	44年度	45年度	46年度	47年度	48年度	49年度	50年度	51年度	52年度	53年度	54年度	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度
(MPN/100ml)	1,000以下	1,000~50,000	50,000以上	1,000以下	8,400	7,300	2,000	3,100	3,000	1,050	2,590	1,820	1,550	380	670	610	210	1,000	—	—	—
COD (ppm)	20以下	21以上	—	20以下	3.74	3.46	1.12	2.00	0.50	1.10	1.90	2.60	1.90	4.90	2.70	5.00	4.40	3.70	5.00	5.60	5.90
透明度 (cm)	30以上	30未満	—	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上	30以上
油 分	検出されない	検出されるもの	検出されるもの	検出されるもの	—	—	—	検出を認めます	検出を認めます	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず	検出されず
全 国 発 生 回 数	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	5	1	0	2	0	3	3	4
赤 潮	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	19	7	5	5	2	2	2	4



写真-5

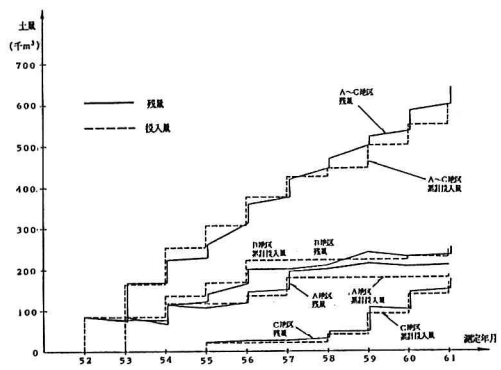


図-10 投入量と残量の比較

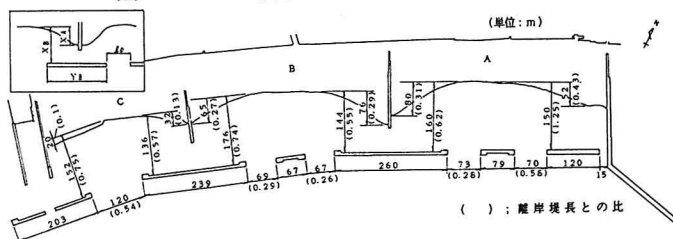


図-11 施設配置と砂の安定の関係

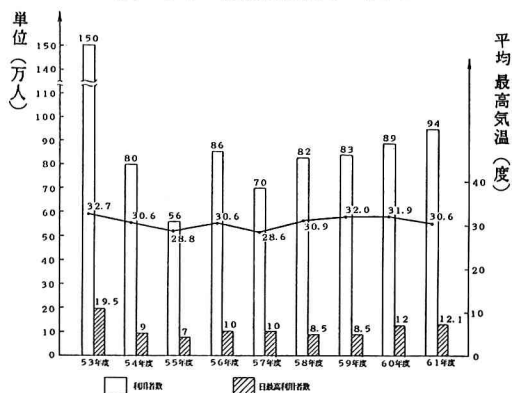


図-12 利用者数及び日最大利用者数と最高気温

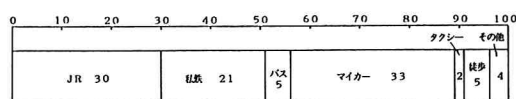


図-13 海水浴の交通手段

また来浜者のアクセスについてであるが、須磨海岸は市街地に隣接し、神戸の中心部から西へ8km、直背後に国道2号、JR山陽本線、私鉄（阪神、阪急、山陽電鉄）が走り、交通至便の地である。図-13に交通手段の内訳を示すが、鉄道利用が約半数しかなく、マイカーの利用がかなり多い。しかし周辺には、1,500台程度の駐車場しかなく、最盛期の日曜日には10,000台のマイカーが押しかけ、国道は渋滞し、付近住宅地の路地に不法駐車して、まさに海水浴場公害が起り、対応をせまられている。その解決策として海上駐車場計画案について検討した。これは自動車専用船の游休対策として検討したものである。その検討の結果、①建築基準法、駐車場法による有効高さ、②駐車台数、③荒天時の避泊の方法などの問題があった。民間ベースの事業としては、採算上不利で別事業との兼業等新たな検討が必要であり、実現に向けては、まだ問題が多いと考えられる。

② 海浜公園としての利用

須磨海岸は養浜事業による施設整備が進むにつれ、例年の海水浴シーズン以外にも四季を通じて多くの人々で賑わうようになった。浜辺の散策をはじめ、活力ある若者が多数集まりコミュニケーションの場となっている。海岸管理者に届出のあった催物等を挙げると、投釣大会、コンサート、水防訓練、研修会等多種多様な利用がある。また、近年ウインドサーフィンを楽しむ若者も急増し、これも年間を通じて利用されている。

5. 今後の課題

昭和48年以来、総事業費60億円、投入砂量67万 m^3 の養浜事業を進め、現在ほぼ1.4kmの延長が概成した段階である。この事業の主要な目的の1つに国土防災があるが、ここ20年間台風らしい台風に合うこともなく、現在に至っており、台風に対する防護効果については、まだ未知の部分があり、今後その対策をせまられる場合もありうる。

また、将来予定している須磨駅前での拡張計画についてであるが、現在も須磨海岸は漁場として、また漁業基地としての利用が盛んであり、毎年事業実施の前に地元との調整が必要である。現在までの施工区域における漁業補償は解決済みであるが、将来の延長計画区域は、漁船の船揚げ場として、また海苔工場として利用されており、それらとの調整は将来計画に向けて大きな課題である。

また、近畿の活性化をめざしビックプロジェクトが大阪湾内各所に計画されており、その中で関西国際空港とのアクセスの1つに大阪湾岸道路があり、西は明石海峡大橋に接続する構想である。この大阪湾岸道路の須磨地区のルートについて、現在建設省において検討中であるが、須磨海岸部でのルート検討にあたっては、須磨海岸の将来ビジョン、阪神間に残された唯一の海水浴場及び自然海岸の保全さらに景観等総合的な見地から配慮したいと考えている。

これらの問題の解決を図りつつ、今後の養砂事業は、まず現在実施中の区域については、上物、特に植栽及び広場の充実を図るため、地元との調整を進め早期に完成することである。

さらに、海水浴の混雑緩和及び公共交通機関からのアクセス上の利便性を考えると、早期に須磨駅前地区に着手し、より充実しゆつたりとくつろげる海岸環境の実現をめざすことにあり、努力していこうと考えている。

6. あとがき

昨今、各地で実施されている海岸環境創出の事業は、国民生活水準の向上に伴う、余暇の利用増加と自然環境の保存という時代の趨勢と共に、従来の防災面だけに立脚した海岸事業から脱皮してウォーターフロントのレクリエーション利用に重点をおいた構想が多く提案されている。その中で須磨海岸はその構想のバイオニアとしての存在である。しかし、最近では環境、特に景観及び水質保全が最重要視されるケースが多くなり、不透過式の離岸堤は、やや旧式な存在とも考えられる。

しかし、市民に親しまれ、ますます賑わいをみせている須磨海岸は、海岸環境整備事業に着手して以来14年目を迎え、失われた砂浜を着実に取り戻しつつある。遊歩道背後の施設整備も推進し、快適で潤いのある海岸環境の創出を図って、より多くの人々に喜ばれ利用されるよう努力してゆきたい。

最後に、この事業の推進にあたり、運輸省港湾局防災課、第三港湾建設局神戸調査設計事務所、港湾技術研究所の方々をはじめ、指導と協力をいただいた関係各位に深く感謝の意を表します。

(参考文献)

- 1) 入江 功、加藤一正他；人工海浜における地形特性について、第33回海岸工学講演会論文集、PP297～301、1986