

# 検見川浜を対象にした 人工海浜の侵食過程に関する研究

## STUDY ON EROSION PROCESS OF ARTIFICIAL BEACH IN KEMIGAWA

熊田貴之<sup>1</sup>・小林昭男<sup>2</sup>

Takayuki KUMADA, Akio KOBAYASHI

<sup>1</sup>正会員 日本大学大学院理工学研究科 海洋建築工学専攻 (〒274-8501 船橋市習志野台 7-24-1)

<sup>2</sup>正会員 工博 日本大学専任講師 理工学部海洋建築工学科 (〒274-8501 船橋市習志野台 7-24-1)

In this paper, the results of the field survey on the coastal erosion at Kemigawa beach as the artificial beach are presented, and causes of the erosion are discussed using the sea conditions and the grain-size distribution of sands of the beach. The results of the investigation are summarized as follows: (1) The erosion at Kemigawa beach is intense compared with neighbor artificial beaches that has a characteristic like the Kemigawa beach. (2) The result of the numerical analysis using the cross section of the construction plan shows that the wave conditions of near shore at Kemigawa beach is calmness in the stormy weather. (3) The results of the grain-size analysis of sands show that the small-size sands that flow away from the center of Kemigawa beach maybe deposit at the base of the breakwater. (4) The result of the comparison between  $d_{50}$  of the sands and the gradient of the foreshore about the construction plan of Kemigawa beach shows that the beach has the tendency of the erosion.

**Key words:** Beach process, erosion, scarps, breakwater, grain-size analysis, artificial beach

### 1. 緒言

東京湾に面する検見川浜は、海水浴、釣り、ボードセーリング、ウインドサーフィンなど様々なマリンスポーツが楽しめる人工海浜であり、人々にとってレクリエーション、憩いの場所となっている。

しかし、近年検見川浜は、海浜の侵食が進行し、形成された浜崖は、非常に危険な状況である。特に、浜の中央付近は高い浜崖が形成され、現在遊泳・立ち入り禁止となっている。従って、侵食のない安全な人工海浜を復元することは急務であり、早急な侵食対策が必要であると考えられる。

そこで、本研究では、検見川浜の侵食状況に関する現地調査を実施し、その結果に基づき侵食の要因

を、気象・海象の特徴、海浜砂の特徴の観点から考察する。

### 2. 検見川浜の概要

検見川地区の埋め立ては、昭和42年から進められ、旧汀線から約2km沖合に埋め立てが実施された<sup>1)</sup>。昭和50年に直立護岸として完成した後、人々の親水空間を創出するコンセプトの元に、昭和52年に検見川浜の造成が開始され、平成元年に完成した<sup>2)</sup>。検見川浜の海岸線は、図-1に示す通り南西方向を向いており、その両隣には幕張海岸と稲毛海岸がある。浜には図-2(a), (b)に示すように潜堤とその背後を人工養浜した **perched beach** 型の人工リーフと、砂

浜の両脇に先端が円弧状の突堤が設置されている。検見川浜の主な概要を表-1に示す。砂浜の規模は、沿岸方向の延長が1,300mであり、岸沖方向の砂浜の幅は、満潮時に50m、干潮時に130mである。両突堤は、鋼管矢板式で1基の長さは593mである。潜堤は石積み堤であり、延長は1,300mである。養浜に用いた砂は、中央粒径( $d_{50}$ )0.162mmで123万 $m^3$ ある<sup>2)</sup>。休憩所は、沿岸方向に6ヶ所設置されている。以上の位置関係等を図-2(a),(b)に示す。

表-1 検見川浜の概要

|        |                                      |
|--------|--------------------------------------|
| 1.施設名称 | 検見川の浜                                |
| 2.事業名  | 千葉港海岸環境整備事業                          |
| 3.事業年度 | 昭和52年度～平成元年度                         |
| 4.建設費  | 約68億円                                |
| 5.砂浜規模 | 延長1,300m                             |
|        | 面積(満潮時) 6.5ha(幅=50m)                 |
|        | (干潮時) 16.9ha(幅=130m)                 |
| 6.主な工種 | 突堤3基 両端部(593m/基) 鋼管矢板式               |
|        | 中間部(200m/基) 捨石式                      |
|        | 潜堤 先端法止(捨石) 1,300m                   |
|        | 養浜用砂 123万 $m^3$ ( $d_{50}$ :0.162mm) |
|        | 休憩舎 6ヶ所                              |

出典：千葉県港湾建設課：検見川の浜・波とたわむれ、砂浜に遊ぶ、千葉県，1988。

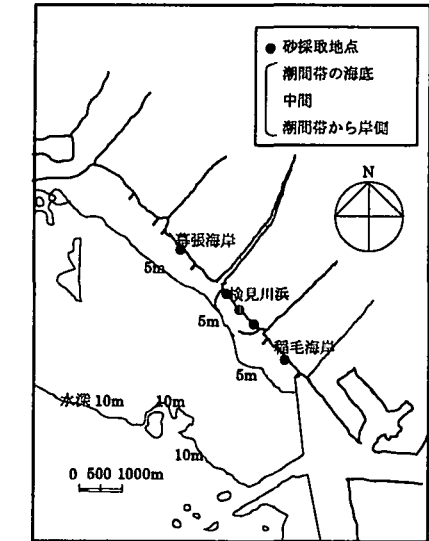
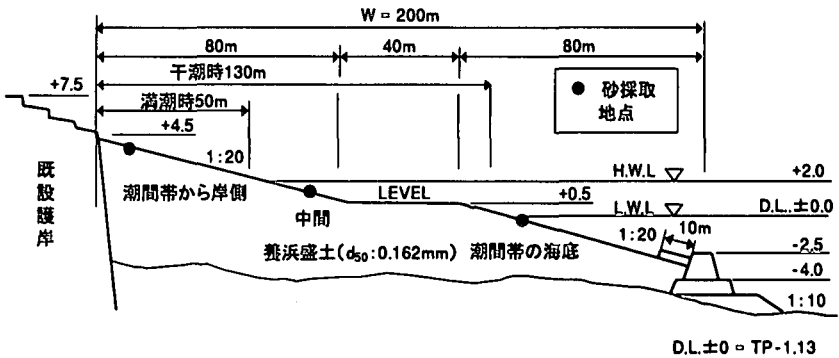
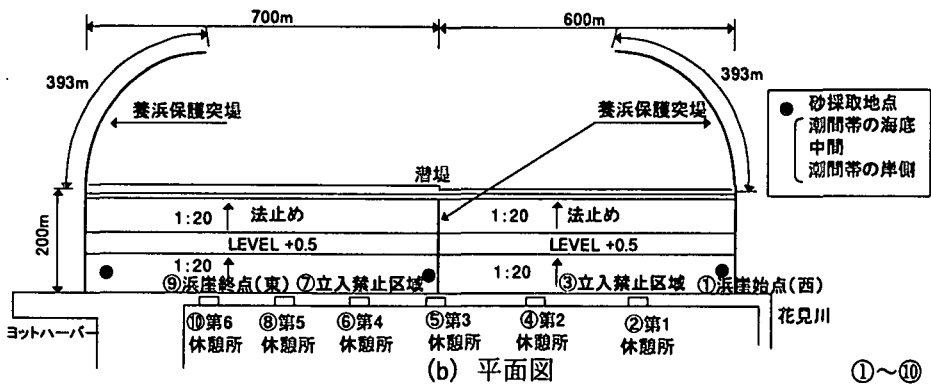


図-1 検見川浜の位置 (1999年9月の海図)



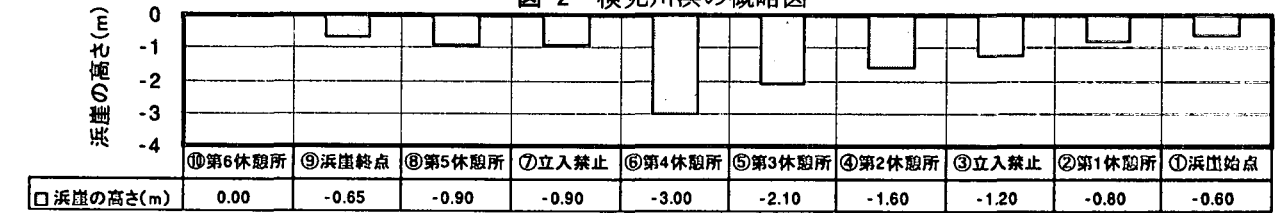
(a) 断面図



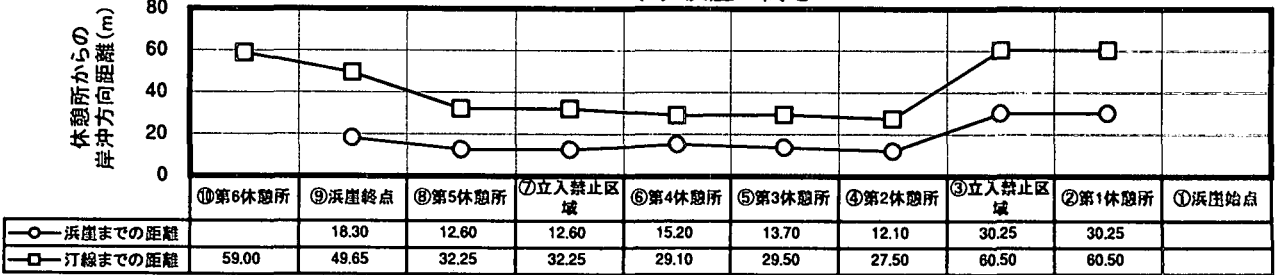
(b) 平面図

①～⑩：浜崖調査位置

図-2 検見川浜の概略図



(a) 浜崖の高さ



(b) 浜崖の位置

図-3 浜崖の調査結果

### 3. 侵食状況の調査結果

検見川浜の侵食状況の調査は、平成 11 年 9 月 28 日に行い、浜崖の高さ・位置を概査した。図-2(b)に示した調査位置における浜崖の高さ・位置を図-3(a), (b)に示す。調査の結果、特に高い浜崖が形成された箇所は、第 2, 3, 4 休憩所の前面である。建設当初は、図-2(a)に示したように、休憩所前面の護岸の天端付近まで養浜されていたが、現在の浜崖の高さは図-3(a)に示すように、第 2 休憩所前では、護岸の天端から下方へ 1.6m、第 3 休憩所前では 2.1m の浜崖が形成され、第 4 休憩所前では養浜砂が著しく侵食され、露出した護岸の高さは 3.0m にも及ぶ(図-4)。これに対して、各休憩所前面の護岸から汀線までの距離は、図-3 の(b)に示すように、第 2 休憩所前から汀線までの距離は 27.5m、第 3 休憩所前では 29.5m、第 4 休憩所前では 29.1m であり、第 1 休憩所前、第 6 休憩所前に比べ陸側に約 33m も後退していた。図-5に示すように、第 2, 3, 4 休憩所の前面では、消波工の異型ブロック背面の土砂が崩壊しており、非常に危険な状態となっていた。一方、砂の堆積状況は、浜の中央付近(第 2, 3, 4 休憩所)から両突堤付近にかけて(第 1, 5, 6 休憩所、西突堤、東突堤)、円弧状に堆積していた(図-6)。以上の検見川浜の侵食状況に対して、近隣の幕張海岸では約 10cm 程度の段差が沿岸方向に長く形成されていた(図-7)。また、稲毛海岸では顕著な浜崖が形成されておらず、局所的に約 20cm 程度の段差が形成されていた(図-8)。

両海岸とも検見川浜ほどの規模の浜崖は形成されていない。

幕張海岸、検見川浜、稲毛海岸は湾に対して、同じ南西方向を向いた海岸であるにも係わらず、検見川浜の第 2, 3, 4 休憩所の前面のみが著しく侵食されていることが、侵食状況の大きな特徴である。ただし、この 3 海岸の前面の海底地形は図-1 に示したように若干の海底勾配の違いがある。

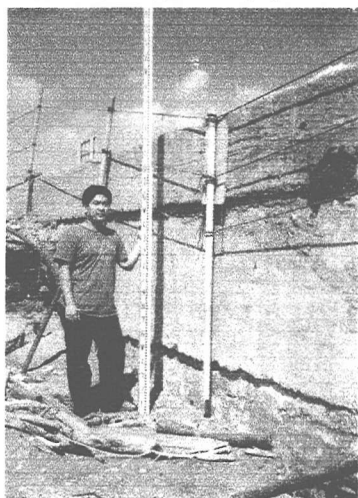


図-4 侵食の状況(第 4 休憩所前)



図-5 第 2,3,4 休憩所前の浜崖の状況(東突堤側から望む)



図-6 突堤付近の状況(西突堤から浜を望む)



図-7 幕張海岸



図-8 稲毛海岸

4. 気象・海象の特徴

(1) 波浪・風速観測記録

検見川浜から南西方向沖 3km にある千葉港波浪観測塔で、1988 年から 1997 年に観測された波浪・風速データのうち、主な結果を表-2 に示す。

年間の平均波高は 0.35m、平均周期は 2.60s であり、比較的波形勾配の急な波が多く出現している。なお、上記観測記録中の最大有義波は、台風 9019 号の通過時（1990 年 9 月 20 日 6 時）における、波高 2.30m 周期 5.80s である。最大最高波は、梅雨前線に伴う低気圧の通過時（1991 年 6 月 17 日 16 時）における、波高 4.44m 周期 4.30s である。

年間の最多風向は、NNW（出現率 11.9%）であり、第 2 位が SSW（10.9%）、ついで NNE（9.7%）の順となっており、東京湾の地形を反映した風向が多い。なお、観測記録中の最大平均風速は、台風 9707 号の通過時（1997 年 6 月 20 日 16:30）における、25.80m/s（風向 SSW）である。最大瞬間風速は、台風 9708 号の通過時（1997 年 6 月 29 日 00:36）における、36.00m/s（風向 SSW）である。

表-2 主な波浪・風速の観測記録

|                       | 波高 (m) | 周期 (s) |
|-----------------------|--------|--------|
| 平均有義波                 | 0.35   | 2.60   |
| 最大有義波<br>(1990年9月20日) | 2.30   | 5.80   |
| 最大最高波<br>(1991年6月17日) | 4.44   | 4.30   |

|                      | 風速 (m/s) | 風向  |
|----------------------|----------|-----|
| 平均                   | 5.30     | -   |
| 最大平均<br>(1997年6月20日) | 25.80    | SSW |
| 最大瞬間<br>(1997年6月29日) | 36.00    | SSW |

従って、夏季の低気圧の通過時に、SSW の波向を持った波形勾配の急な大きな波が、現在の幕張海岸・検見川浜・稲毛海岸の浜崖を形成したものと考えられる。

(2) ビデオ・写真撮影記録

平成 11 年 9 月 25、26 日、台風 9918 号の通過直後の波浪状況をビデオ・写真に記録した。高い浜崖が形成された箇所(第 2, 3, 4 休憩所から沖方向距離 15m 付近)では、波高 1.0m 程度の碎波が確認された。突堤付け根付近においては、波高 0.2~0.3m 程度の碎波が確認された。また、満潮時には、高い浜崖が形成された箇所では、図-9 に示したように休憩所前面エプロンの鉛直壁まで波浪が作用していることが観察された。

海浜に対する波の作用状況については、高波は検見川浜沖から浜の中央付近に直接入射することが観察された。この状況を数値計算で再現した結果が図-10 である。計算には、非定常緩勾配方程式<sup>3)</sup>を用い、検見川浜の中心線に対して半領域について実施した。計算に用いた波浪は表-2 に示した観測記録の



図-9 満潮時（1999 年 9 月 25 日、17：40）

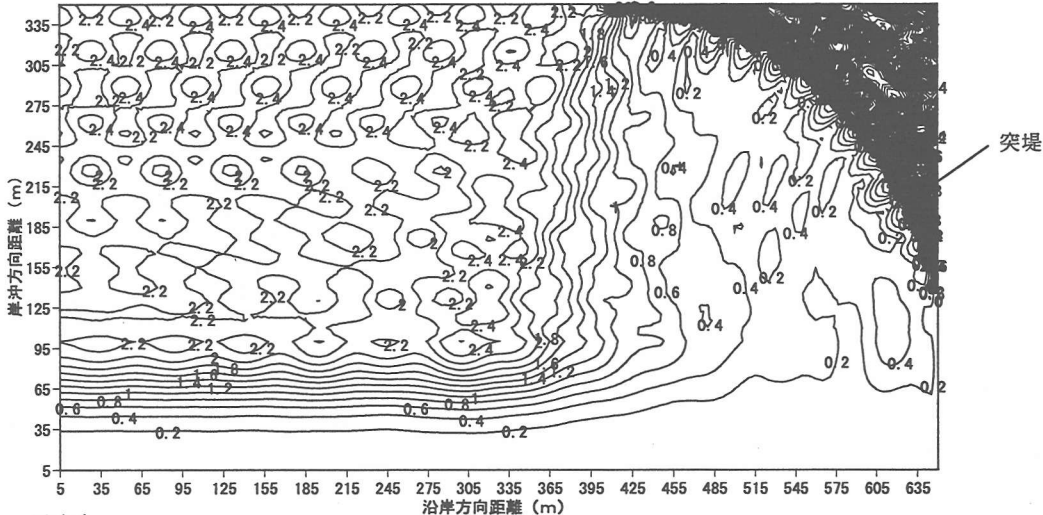


図-10 波高分布図

最大有義波（波高 2.30m, 周期 5.80s）であり、海浜に対して直角入射とし、海底地形は建設当初の地形データ<sup>2)</sup>を使用した。図-10 に示すように、観察結果と同様、先端が円弧状の突堤内では静穏海域が形成されているが、浜の中央には波が直接入射する。ただし、潜堤の背後で波は碎波し、汀線付近での波高は小さい。

このように数値計算の結果によれば、浜に直接入射する波浪は荒天時であっても比較的穏やかであるにも係わらず、現状のような大きな浜崖が形成されていることが、検見川浜の問題点の一つであると考えられる。そこで、次に海浜砂について調査を行った。

### 5. 海浜砂の特徴

検見川浜に建設当初養浜された砂は、表-1 に示したように中央粒径（ $d_{50}$ ）が 0.162mm であった。これに対し、現状の海浜砂の粒径を調査した。検見川浜での砂の採取は、図-1, 2 中に示した位置で行った。即ち、浜断面の岸沖方向には、潮間帯から岸側、潮間帯の海底と、その両中間であり、沿岸方向には、浜の中央と突堤付近である。また、比較のために幕張海岸、稲毛海岸の浜の中央においても、上記と同様の断面位置で砂を採取した。これらの計 15 箇所での採取した砂は、日本工業規格（JIS）に従い、炉乾燥させ、ふるい試験で、砂の重量をもとに、粒度加積曲線を求めた。粒度加積曲線を図 11～15 に示す。

幕張海岸は、図-11 に示すように粒径 0.150mm から 0.250mm にかけて、検見川浜の西突堤付近は、図-12 に示すように 0.150mm から 0.400mm にかけて粒度加積曲線が急激に立ち上がり、均一な細かい粒径の砂が多く分布している。

検見川浜の第 3 休憩所前は、図-13 に示すように粒径 1.200mm から 2.000mm にかけて粒度加積曲線が急激に立ち上がり、極端に大きな粒径の砂利が多く分布している。この大きな粒径の砂利は、養浜砂の下地であると考えられる。

検見川浜の東突堤付近は、図-14 に示すように西突堤付近同様 0.150mm から 0.400mm にかけて、稲毛海岸は、図-15 に示すように 0.150mm から 0.250mm にかけて、均一な細かい粒径の砂が多く分布している。

以上の結果から、粒径の平面分布を示すために得られた粒度加積曲線から累加百分率が 25%, 50%, 75% に対応する粒径値を求めた。各海浜の粒径の平面的な分布を図-16 に示す。特に高い浜崖が形成された検見川浜の第 3 休憩所前は粒径値が大きく、両突堤付近では粒径値が小さい傾向にある。稲毛海岸・幕張海岸は、若干粒径値が大きい。

東突堤付近の中央粒径は約 0.248mm, 西突堤付近の中央粒径は約 0.229mm である。検見川浜の建設当初に使用された養浜砂の中央粒径（ $d_{50}$ ）は、表-1 に

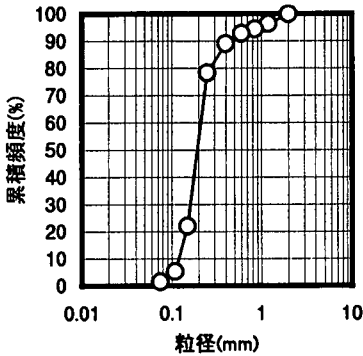


図-11 幕張海岸（潮間帯から岸側）

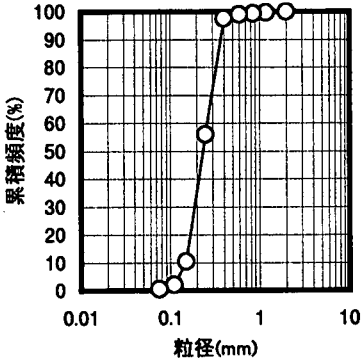


図-12 検見川浜西突堤（潮間帯から岸側）

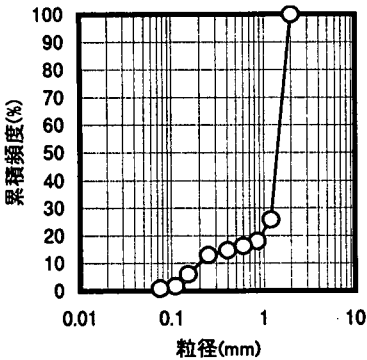


図-13 検見川第 3 休憩所前（潮間帯から岸側）

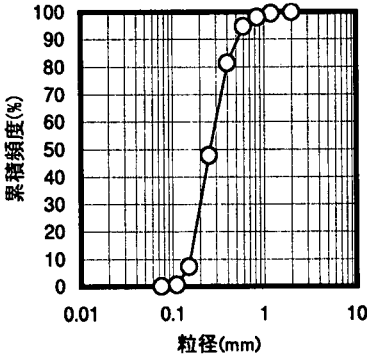


図-14 検見川浜東突堤（潮間帯から岸側）

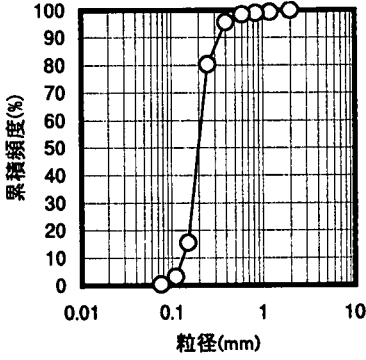


図-15 稲毛海岸（潮間帯の海底）

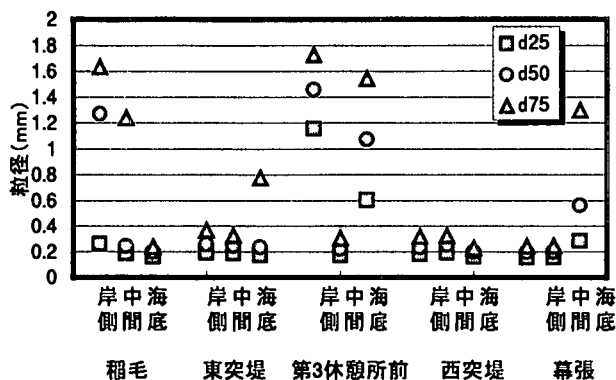


図-16 粒径の平面的な分布

示したように 0.162mm であることから、両突堤付近では中央粒径は若干大きくなったものの、建設当初の養浜砂が比較的多く分布していると考えられる。一方、第3休憩所前の中央粒径は約 0.920mm であり、建設当初と比較するとかなり大きい。このことは、第3休憩所前では養浜砂のほとんどの細砂が、流出したことを示している。幕張海岸の中央粒径は約 0.322mm、稲毛海岸の中央粒径は約 0.575mm であり、建設当初の中央粒径は、それぞれ 0.184mm、0.247mm であることから、検見川浜ほどではないが、養浜砂の細砂が流出しているものと考えられる。

以上の結果を勘案しつつ、中央粒径と前浜勾配の関係を考察する。人工海浜建設技術マニュアル<sup>4)</sup>に従い、建設当初の中央粒径と波高の比から前浜勾配を求めると、幕張海岸は約 1/26、検見川浜は約 1/29、稲毛海岸は 1/21 が適切な勾配となる。幕張海岸・検見川浜・稲毛海岸の建設当初の前浜勾配は全て 1/20 で計画されているので、検見川浜の前浜勾配は養浜砂の中央粒径に対して若干急であると判断される。従って、検見川浜が幕張海岸・稲毛海岸に比べ、侵食が進行し、大きな浜崖が形成された一つの原因は、養浜砂の中央粒径と前浜勾配の関係にあるとも考えられる。

## 6. 結言

本研究では、検見川浜の侵食状況に関する現地調査を実施し、気象・海象の特徴、海浜砂の特徴の観点から、侵食の要因を考察した。その結果から得られた結論は以下の通りである。

- (1) 幕張海岸、検見川浜、稲毛海岸は、湾に対して同じように南西方向を向いた海岸であるにも関わらず、検見川浜の中央部のみが著しく侵食されている。侵食は人工海浜建設前の護岸壁面にまで及んでおり、最も侵食の激しい個所では、護岸天端から下方 3.0m までの養浜砂が流出している。
- (2) 検見川浜の中央部には、低気圧の通過時に波形勾配の急な大きな波が直接入射する。しかし、建設当初の海底形状であれば、養浜された範囲は比較的静穏な波浪場であることが数値計算により示された。
- (3) 海浜砂の粒度分析結果によれば、検見川浜の中央部から流出した粒径の小さい砂は、突堤の岸側に堆積していると考えられる。
- (4) 建設当初の中央粒径と前浜勾配の関係を、幕張海岸・検見川浜・稲毛海岸について検討した結果によれば、検見川浜は、他の海岸に比べ侵食されやすい傾向がある。

謝辞：本研究の実施に際し、検見川浜の波浪・風速観測記録及び深淺図などの貴重なデータを提供して頂いた千葉県土木部港湾建設課に深く感謝の意を表する。

## 参考文献

- 1) 検見川郷土史編集委員会：けみがわ，pp. 3-4，集参舎，1992。
- 2) 千葉県港湾建設課：検見川の浜・波とたわむれ，砂浜に遊ぶ，千葉県，1988。
- 3) (社)土木学会海岸工学委員会：海岸波動・波・構造物・地盤の相互作用の解析法，pp. 51-595 土木学会，1994。
- 4) 運輸省港湾局：人工海浜の建設技術マニュアル，p. 112，1979。