

埋立地に建設された人工海浜の維持管理 — 侵食問題について —

BEACH EROSION OF AN ARTIFICIAL BEACH CONSTRUCTED IN THE RECLAIMED LAND

矢内 栄二¹・米田 規幸²・六崎 信夫³
Eiji YAUCHI¹, Noriyuki YONEDA², Nobuo MUTUZAKI³

¹正会員 工博 千葉工業大学 工学部土木工学科 (〒275-8588 千葉県習志野市津田沼2-17-1)

²学生員 千葉工業大学大学院 工学研究科土木工学専攻 (〒275-8588 千葉県習志野市津田沼2-17-1)

³学生員 千葉工業大学 工学部土木工学科 (〒275-8588 千葉県習志野市津田沼2-17-1)

About 30 years have passed since artificial beaches were built in Japan, and some maintenance problems were appearing in these beaches. This paper reports on the shoreline erosion of an artificial beach "Inage-no-Hama" in Chiba pref.. The artificial beach is constructed in the reclaimed land, and there land subsidence is progressed in present. Beach profile change is analyzed by wave and land subsidence characteristics. As a result, it is found that beach erosion is strongly related to the land subsidence and the erosion rate by subsidence is about 30 percent against by waves.

Key Words : beach erosion, shoreline change, reclaimed land, land subsidence

1. はじめに

各地に人工海浜が建設されるようになってから約30年が経過し、維持管理上の問題が顕在化し始めている。最近では、兵庫県明石市の大蔵海岸における陥没穴への落下死亡事故などの痛ましい事件も発生し、建設後の海岸管理の重要性が再認識されている。

千葉県に建設されたいなげの浜は日本で最初に建設された人工海浜であるが、埋立地に建設されたこともあって、維持管理上のさまざまな問題が生じている。図-1は千葉市の公園緑地による管理費(1998～1999)の内訳を示したものであるが、管理費の約45%を侵食対策費が占めており、この侵食対策費を軽減する必要に迫られている。

本研究は、侵食対策費を軽減するとともに、効果的な人工海浜の維持管理を行う提案をする基礎研究として、埋立地に建設された人工海浜「いなげの浜」の海岸侵食特性について研究を行った。

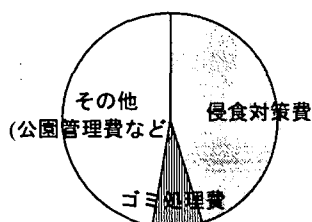


図-1 管理費内訳(1998年～1999年)

2. いなげの浜の概要

研究対象域は、東京湾内奥部に位置する人工海浜「いなげの浜」である(図-2, 写真-1)。稲毛海浜公園「いなげの浜」はレクリエーションを目的とした国内初の人工海浜として計画され、1975年2月から10月にかけて養浜工事が行われた後、翌年の1976年4月に開園した。公園は二つの突堤(長さ200m)に挟まれた砂浜と背後の公園で構成され、計画時の海浜の規模は24ha、沿岸方向の砂浜長が1200m、岸沖方向の砂浜の幅は満潮時が50m、干潮時が130mである。

しかし、開園約10年後の1983年から汀線の後退が目立ち始め、1996年には、汀線が竣工時から約50m後退した。

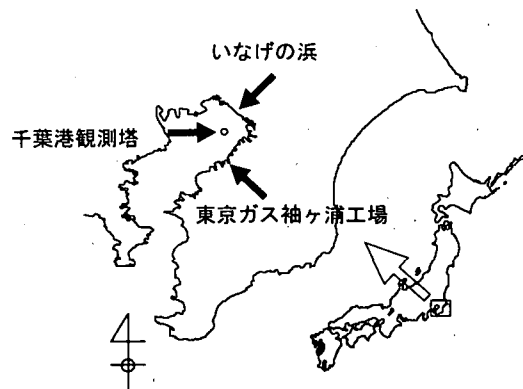


図-2 いなげの浜と観測点の位置



写真-1 いなげの浜(2002年1月3日)

3. 波浪特性

(1) 解析データ

解析対象領域の波浪特性を解析するため、対象地域に隣接した千葉港観測塔と対象地域の南に位置する東京ガス袖ヶ浦工場の波浪データを用いて、統計的特性を解析した。千葉港観測塔では、有義波高・周期と風向・風速が、東京ガス袖ヶ浦工場では有義波高・波向および風向・風速が測定されている。本研究では、千葉港観測塔と東京ガス袖ヶ浦工場のデータのうち、入手可能であった1998年から2000年までのデータについて解析した。

(2) 解析結果

図-3 は有義波高の波高別出現頻度を示したものである。千葉港観測塔では 40cm 以下の波高が全体の

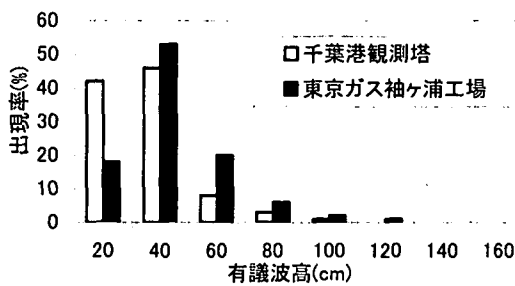


図-3 有義波高別出現率

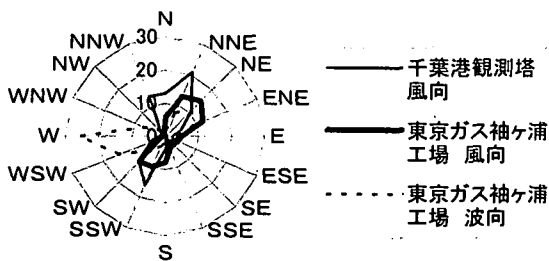


図-4 波向・風向別出現率

90%を占める。また、東京ガス袖ヶ浦工場でも 40cm 以下の波高が全体の 70%となっている。波向の出現率(図-4)は西方向(WNW~WSW)からの波が全体の約 50%と最も多く、次いで北東方向(NNE~ENE)からの波が 30%であった。以上のことから、東京ガス袖ヶ浦工場付近の主な波の入射方向は西であると言える。しかし、この方向の波は西方向が遮蔽域となる人工海浜地区ではそのまま適用できない。

当地区での波浪は主に東京湾内に吹き込む風によって発生すると考えられる。そこで千葉港観測塔と東京ガス袖ヶ浦工場での風向別出現率をみると、ともに北東方向からの陸風の割合が全体の約 40~50%、南西方向からの海風の割合が全体の約 30%を占めている。この南西方向からの海風により発生した波は、いなげの浜にほぼ直角に入射することから、近隣の幕張人工海浜における宇多ら²⁾の解析結果と同様に、いなげの浜においても岸沖漂砂が卓越しているものと考えられる。

4. 地形変化特性

(1) 深淺変化

はじめに述べたように、いなげの浜では開園後から汀線の後退が始まり、約 8 年後の 1983 年から目立つようになってきた。図-5 は、計画時から 10 年ごとの深淺図の変化過程を示したものであるが、年の経過とともに汀線が後退していく状況がわかる。なお、1983 年に養浜が行われたため、1976 年から 1986 年にかけての変化量は小さい。

1983年頃から顕在化した海岸侵食の対策として、1984年に養浜工事、さらに1998年から1999年にかけて養浜・潜堤工事が行われた。工事の直後とその後数年に対する深淺変化を比較する。

図-6は、養浜前の1984年と14年経過した1998年との深淺変化を示したものである。

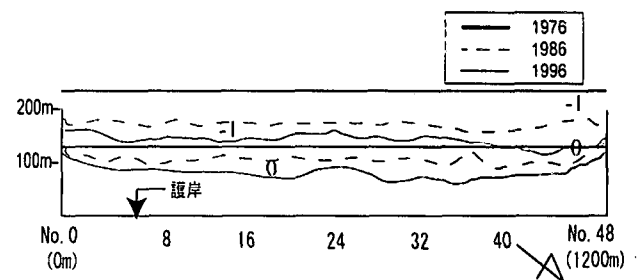


図-5 深淺図の変化過程

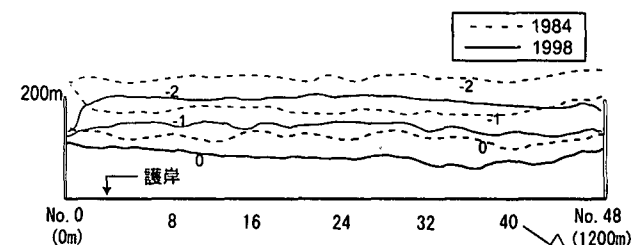


図-6 養浜工事後の深淺変化(1984年~1998年)

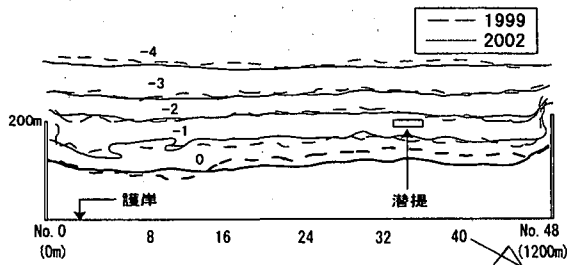


図-7 養浜・潜堤工事後の深淺変化(1999年~2002年)

1984年と1998年を比較すると、汀線が平均で約30m後退している傾向が認められる。このうちもっとも侵食されている箇所は測線No.32付近で、約50m汀線が後退しているのがわかる。

一方、1998年から1999年に行われた養浜・潜堤工事後とその経過を比較したものが図-7である。

図-7の深淺変化では、1984年から1998年までの深淺変化と同様、測線No.0から16まで変化が少なく、測線No.16から48では大きな侵食傾向が認められる。

(2) 汀線変化量

図-6において汀線変化量が最大となる測点No.30について、岸沖方向の海浜変化を比較した。図-8は、建設直後の初期勾配と、養浜工事直前の1998年および最近の2002年にかけての海浜勾配の経年変化である。

図-8より、建設直後は150mあった汀線が養浜前の1998年には85mまで後退している。その後、1998年から1999年にかけて養浜・潜堤建設工事が行われ、2002年には115mまで汀線を前進させている。また、図-8では汀線の移動は見られるものの、建設当初の1/100勾配は潜堤・養浜工事前後の1998年、2002年までほぼ維持されていることが認められる。

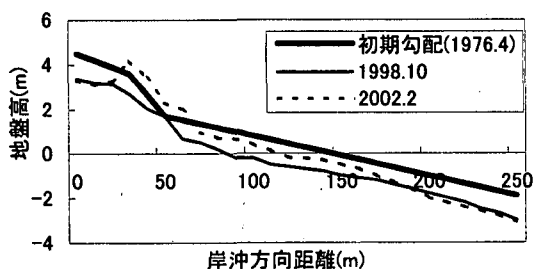


図-8 海浜勾配の経年変化

5. 地盤沈下

(1) 埋立地の沈下

稲毛海浜公園全体が「軟弱地盤上の埋立地に建設された公園」という性質上、建設後に地盤沈下が生じている。そこで、いなげの浜の後浜背後に位置する防波護岸(図-9)の沈下量データを用いて沈下特性について解析を行う。

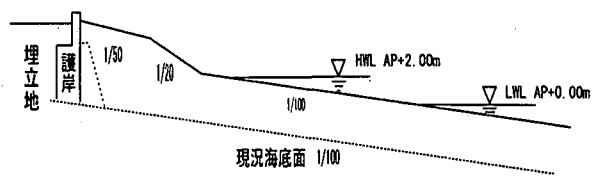


図-9 標準断面図

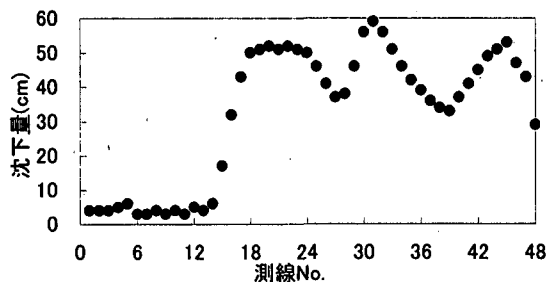


図-10 護岸の沈下量(1984年~1998年)

図-10は、護岸の1984~1998年の沈下過程を示したものである。測点No.0から12までは比較的沈下が小さいが、測点No.15から48までは大きな沈下が生じ、18年間で最大60cm程度の沈下が見られる。

沈下量が最大となる測点No.30および最小の測点No.6における沈下量の経年変化を示したものが図-11である。測点No.30は、沈下の計測を始めた1984年から1990年までは沈下速度が大きかったものの、1995年から2002年にかけては沈下が比較的落ち着いた状態となっていることが認められる。

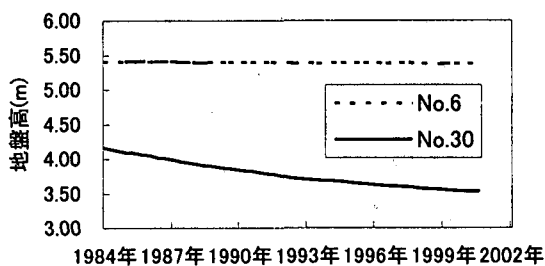


図-11 沈下量の経年変化(1984年~2002年)

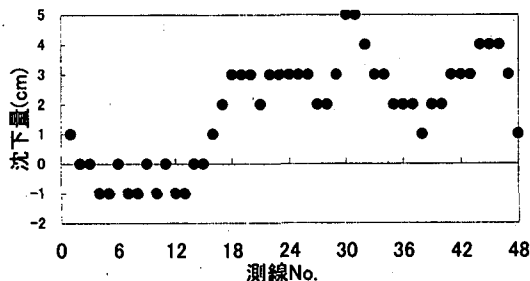


図-12 護岸の沈下量(1999年~2002年)

図-12は、潜堤・養浜後の1999年から2002年の護岸の沈下量を示したものである。14年間の変化を示した図-10と比較して短い3年間の変化量であるが、図-6と同様の沈下傾向が認められる。図-6と10、図-7と12を比較すると、護岸沈下域と侵食域が一致しており、地盤沈下はいなげの浜の地形変化に影響を及ぼしていると考えられる。

(2) 汀線変化への影響

前項までの結果から、いなげの浜の汀線後退には波浪のほかに地盤沈下が関わっていると考えられることから、汀線変化に対する波浪と地盤沈下の影響について検討する。

図-8の結果および図-9の標準断面図を見ると、防波護岸が海浜と同一地盤にあり、縦断地形の変化がほぼ一様である。そこで、地盤沈下による汀線変化量は勾配に各測線での沈下量を乗じることにより求めることとする。

一方、波浪による汀線変化量は、3.の波浪特性解析で使用したデータから岸沖漂砂量を算出し、汀線変化量に換算することにより求める。岸沖漂砂量の算定式は数多く提案されているが、本研究では式(1)の渡辺の算定式を、また、汀線変化量式は式(2)を用いる。

$$\phi' = 7(\psi_m - \psi_c)\psi_m^{1/2} \quad (1)$$

$$\frac{\partial x_s}{\partial t} + \frac{1}{D_s} \left(\frac{\partial Q}{\partial y} - q \right) = 0 \quad (2)$$

ここに、 ϕ' ：岸沖方向の正味の漂砂量(q)に関する無次元漂砂量($\phi' = q/\omega_0 d$)、 ψ_m ：最大底面せん断応力に関するShield数($\psi_m = f_w u_{bm}^2 / 2sdg$)、 ψ_c ：移動限界に対するShield数、 d ：底質粒径、 s ：底質の水中比重、 ω_0 ：底質の沈降速度、 f_w ：Jonssonの摩擦係数、 u_{bm} ：底面での波の進行方向の流速振幅、 g ：重力加速度、 t ：時間、 D_s ：漂砂の移動高、 x_s ：海岸線の位置、 x ：岸方向座標、 y ：沿岸方向座標である。

千葉港観測塔で観測された波浪データ(1999.6~2000.12)を移動限界水深付近の波浪に換算し、式(1)と式(2)を用いて汀線変化量を求めた。ただし、波浪特性結果から本研究では沿岸漂砂は考慮しないこととした。結果を表-1に示す。

表-1より、地盤沈下による汀線変化量は-1.7m、波浪による汀線変化量は-6.7mとなり、その和が深淺図から読み取った結果とほぼ等しくなった。また、地盤沈下による変化量は波浪による変化量の約30%となり、無視できない量であることが分かった。

表-1 汀線変化量の計算結果と実測値 (1999年6月~2000年12月)

項目	汀線変化量(m)	
地盤沈下	-1.7	合計
波浪	-6.7	-8.4
深淺図から	-7.6	

6. 養浜時期の検討

(1) 海浜土砂量

いなげの浜では1984年と1998~1999年に養浜が行われている。そこで、1984年から2002年までの深淺測量データをもとに、今後の養浜時期について検討する。

地形変化の解析結果から、いなげの浜での海浜の変形はほぼ-2m以浅で生じていた。そこで、-2m以浅の範囲で海浜土砂量を算出し、その経年変化を示したものが図-13である。

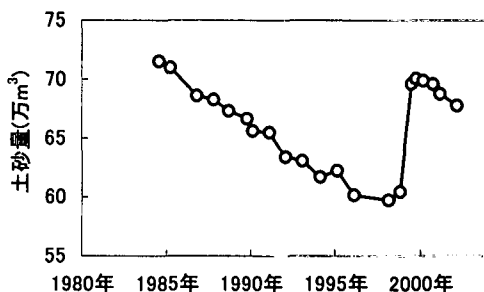


図-13 海浜土砂量の経年変化図

図-13では、養浜工事直後の1984年から養浜工事前の1998年までの14年間で約12万m³の土砂量が損失しているのが分かる。1998年から1999年に行われた養浜工事により約10万m³の土砂が補給されたが、養浜工事後の1999年から2002年には再び減少傾向を示している。

(2) 養浜時期の検討

潜堤建設前後の海浜土砂量の減少率を比較し、次の養浜時期の検討を行う。図-14、15は1984年~1998年と1999年~2002年までの海浜土砂量の経年変化とその近似式を示したものである。

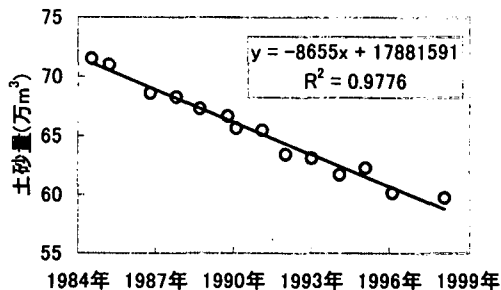


図-14 海浜土砂量の経年変化と近似式 (1984年~1998年)

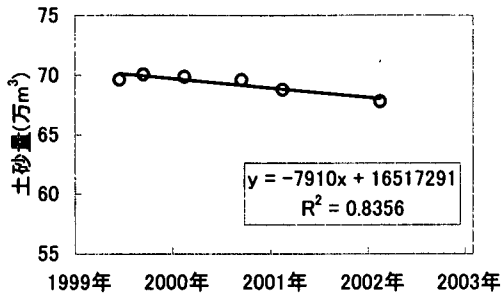


図-15 海浜土砂量の経年変化と近似式 (1999年～2002年)

2つの近似式の勾配を比較すると、潜堤建設後の1999年から2002年までの海浜土砂減少率の勾配が緩やかになっており、潜堤の効果があつたことが分かる。

図-14より、海浜土砂量が約60万m³のときに養浜が行われていることから、養浜時期の目安をこの土砂量として養浜時期を算出する。図-16は、潜堤建設後の近似式と土砂量から海浜土砂量の予測を示したものである。

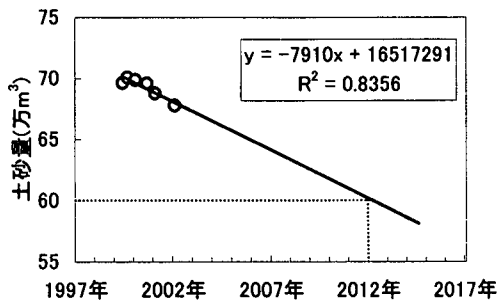


図-16 海浜土砂量の予測図

図-16より、2012年頃に海浜土砂量が約60万m³となることから、次の養浜時期は2012年頃になると考えられる。

7. まとめ

(1) 気象・海象特性

いなげの浜では、有義波高は主に40cm以下の波が全体の70%を占め、風向は北東、南西方向からの

風が卓越していた。この南西方向からの海風により発生した波は、いなげの浜にほぼ直角に入射することから、岸沖漂砂が卓越しているものと考えられた。

(2) 地形変化特性

1984年から1999年までに汀線が平均で30m後退し、もっとも侵食されている箇所では約50m汀線が後退していた。1999年から2002年までの深浅変化も1984年から1998年までと同様な侵食傾向が認められた。

(3) 地盤沈下

地盤沈下は小さい領域と大きい領域に明瞭に分かれ、18年間で最大60cm程度の沈下が見られた。また、護岸沈下域と侵食域が一致しており、地盤沈下はいなげの浜の地形変化に影響を及ぼしていると考えられた。

(4) 汀線変化量

1999年6月から2000年12月までの波浪特性の解析結果から、地盤沈下による汀線変化量は-1.7m、波による汀線変化量は-6.7mとなり、その和が深浅図から読み取った結果とほぼ等しくなった。また、地盤沈下による侵食量は波浪によるものの約30%となり、無視できない量であることが分かった。

(5) 養浜時期の検討

1998年から1999年にかけて行われた潜堤・養浜工事後で海浜土砂量の減少率が緩やかになった。2012年頃に海浜土砂量が約60万m³となることから、次の養浜時期は2012年頃になると考えられることが分かった。

謝辞：本研究を進めるに際し、千葉市花見川・美浜公園緑地事務所には資料提供の便宜を図っていただいた。また、千葉工業大学附属研究所助成金の援助を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 米田規幸・矢内栄二：京葉地区の漂砂特性について、第29回関東支部技術研究発表会講演概要集、pp250-251, 2002.
- 2) 宇多高明・堀越信雄・林順一：入り組んだ湾奥部での人工海浜計画上の留意点—東京湾を例として—、海岸工学論文集、第41巻、pp591-595, 1994.
- 3) 宇多高明(著)：日本の海岸侵食、442p., 1997.
- 4) 服部昌太郎(著)：海岸工学、230p., 1987.