

大洗海岸における地形変化の観測

針貝聰一*・宇多高明**・鶴川義郎***

1. はじめに

近年、現地海岸の地形変化を直接測定することによって、漂砂現象の解明を進めようとする研究が広範に行われるようになった。Winant ら¹⁾(1975)は、Torrey Pines Beach に3本の固定測線を設置して毎月の測量を行い、波による海浜地形変化の研究を進めた。また橋本・宇多^{2),3),4)}(1976, 1977, 1978)は、阿字ヶ浦の栈橋を利用して毎週の海浜断面測量を数年にわたり実施し、これによって海浜地形変化の解析を進めた。しかし、これらの観測の殆どは自然海岸を対象としたもので、構造物周辺の海岸で行われたものはない。本研究では、構造物周辺の海浜変形を把握する目的で、橋本・宇多^{2),3),4)}にない、毎週の海浜断面測量を大洗港周辺海岸に適用し、昭和55年5月より観測を開始して現在に至っている。

当海岸における既往の調査・研究には、大洗港構築前の漂砂特性をアイソトープを用いて調べた井島ら⁵⁾(1961)、さらに構築後の海浜変形については、荒木田ら⁶⁾(1978)および水村⁷⁾(1979)の報告がある。本報では、1年間にわたり毎週行った海浜断面測量結果を示すと共に、現在までに得られた地形および波・流れの観測結果をも合わせて、当海岸の長期ならびに短期的海浜変形について若干の検討を行った。

2. 観測内容および観測方法

当大洗海岸での地形および波・流れの観測は図-1に示す範囲において実施しており、各項目毎の観測内容および方法を以下に示す。また、表-1には、各種測量の諸元をまとめて示した。

(1) 海浜断面測量

図-1(b)に示す岸沖方向の3測線(No. 1, No. 2, No. 3)と沿岸方向の1測線(No. 4)で毎週の海浜断面測量を昭和55年5月16日より開始した。観測項目は、①各測線上における10m間隔の水準測量、②岸沖方向の測線前面での箱尺を用いた目視の碎波波高測定、③ひ

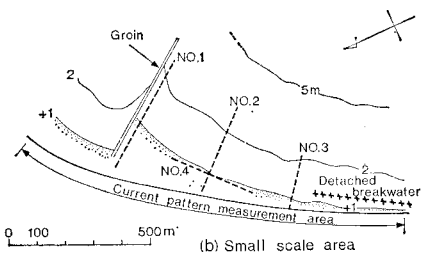
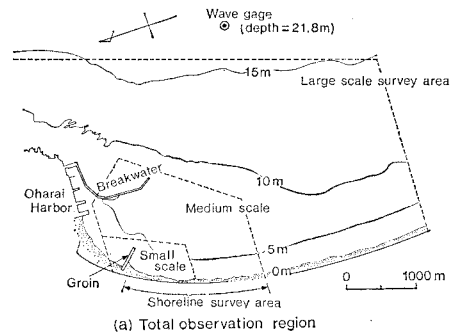


図-1 観測範囲

表-1 各種測量の諸元

測量の種類	測量範囲および 測量間隔	測量頻度	測量方法
①海浜断面地形測量	図-1(b)に示す4測線上を10mピッチで水深約2mまで測量	昭和55年5月16日より毎週実施	ダイバーによる水準測量
②広域および中域深淺測量	広域: 沿岸方向5km, 沖方向3km, 中域: 沿岸方向2.5km, 沖方向3km (または1.5km) 測線間隔50m, 水深15m (または9m) まで測量	昭和54年より1年に3~4回, 54年以前は48年および52年に各1回実施	岸付近: ダイバーによる水準測量, 沖合: 船による音響測深
③狭域深淺測量	沿岸方向1.2km, 沖方向500m, 測線間隔25m, 水深6mまで測量	昭和54年より1週間の間に2~3回, これを年2回(夏と冬)実施	同 上
④汀線測量	防砂突堤より南側約2kmの範囲	昭和52年6月より42か月間に計29回実施	沿岸方向に50m間隔での断面の水準測量

も付きフロートによる沿岸流測定、④定点での平板とアリダードを用いた波向測定、⑤測線 No. 2 と No. 3 での前浜上の底質採取である。

* 正会員 (株)アイ・エヌ・エー新土木研究所(前海岸環境工学研究センター研究員)

** 正会員 工修 建設省土木研究所河川部海岸研究室主任研究員

*** 茨城県三浜港事務所

(2) 深浅測量および汀線測量

当測量の内容および方法は、表-1の②, ③, および④に示す通りである。これらの内、広域および中域深浅測量と汀線測量は比較的長期の地形変化を把握するために、茨城県三浜港湾事務所で行っており、また、狭域深浅測量は、1週間程度の間に数回の砕波帯測量を行なう短期的地形変化に着目した測量である。

(3) 波浪および流況観測

当海岸に入射する波浪の観測は、通常、大洗港の沖合(水深約22m)に三浜港湾事務所により設置された超音波式波高計とストレンゲージ型波向計により、毎日2時間毎に行なわれている。また、流況観測は、狭域の測量時期に合せて、ひも付きフロートをを用い海岸沿いの流向、流速を25m間隔で約1kmにわたり測定した。

3. 大洗海岸の波浪および流況特性

図-2は昭和54年6月から昭和56年4月までに得られた水深22m地点での波浪記録より求めた波向別波高出現頻度およびエネルギーフラックスの分布である。波向はNEとENEで全体の85%を占めており、残り

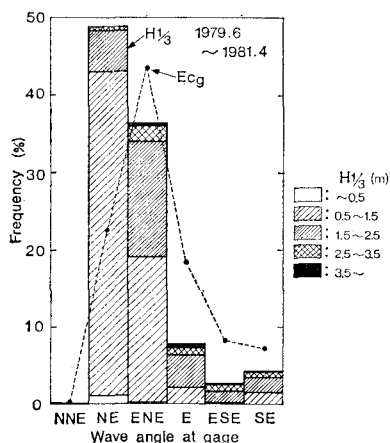


図-2 波の頻度分布

はE~SEである。波高の出現頻度は0.5m~1.0mが65%, 1.5m~2.5mが約25%で全体の約90%をこれらの波高で占めている。波のエネルギーフラックスの分布によると、ピークはENEからの波であり、さらに南側からの波ほど波の出現頻度に比べエネルギーが大きくなっている。また、季節的には、高波浪の来襲は低気圧の通過あるいは、台風の影響のある秋季と低気圧が頻繁に通過する春季に多く見られる⁹⁾。

次に、図-1(b)に示した防砂突堤を含む沿岸約1kmの範囲で実施した海浜流の流況パターンの観測結果例を図-3に示す。この観測は、昭和54年および55年の8月と12月に計32回実施しており、図には観測時期および波の条件の異なるケースを示した。当観測域は、防波

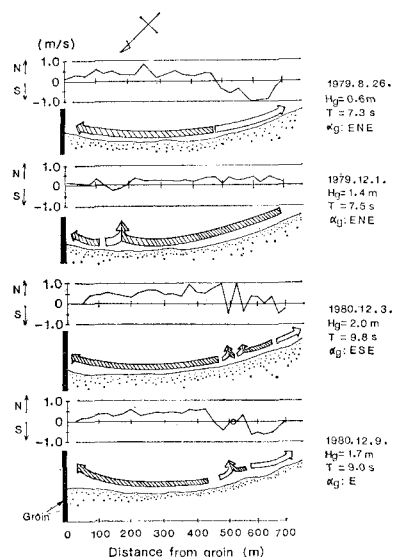


図-3 流況パターンの観測結果例

堤による回折波領域にあり観測結果が示すように、流れは波高の大きい南より波高の減少する北側へ向く傾向にある。当海浜に入射する波向と汀線の向きからすると砕波点付近での波向は汀線の法線に対して北側からの波向となり、観測された沿岸流の向きと相反する結果となる。これは、小笹・Brampton⁹⁾(1979)が指摘しているように構造物背後の地形変化を求める時に問題となる。

4. 長期的地形変化

(1) 汀線変化

防砂突堤の構築開始直前の昭和52年6月より昭和55年12月までの42ヶ月間に行なった29回分の汀線測量結果より、防砂突堤基部より沿岸方向にそれぞれ25m, 500m, 1000m, および1500m離れた地点における汀線位置の経時変化を図-4に示す。図中の破線は時系列で

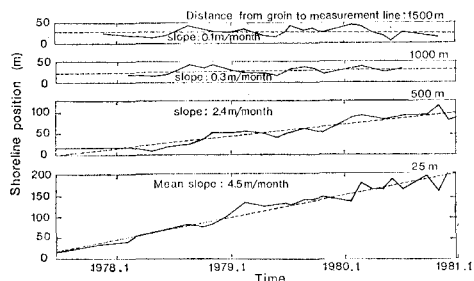


図-4 汀線位置の経時変化

ータより求めた回帰直線であり、その勾配(slope)は汀線の平均移動速度を表わす。この移動速度の沿岸方向分布を図-5に実線で示した。突堤基部での汀線の前進速度は4.5m/monthであり、突堤より離れるにつれてその前進速度は減少し、約1200mの地点で汀線の前進は見られなくなる。図中の破線は、図-4に示した回帰直

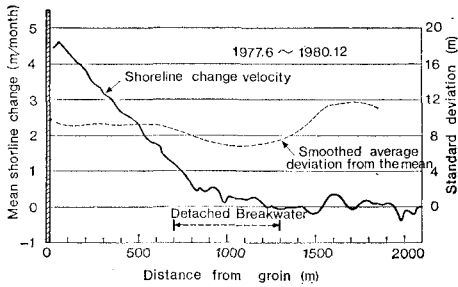


図-5 汀線変化速度の沿岸方向分布

線からの変動の標準偏差を平滑化したもので、離岸堤が施工された区域で変動が小さく、突堤より 1500m 以上離れた直接高波浪を受ける区域で変動が大きくなる傾向を示している。

(2) 海底地形変化

当海岸の海底地形が長期的にどう変化しているかを広域の深浅測量図の比較により示す。図-6 は、防砂突堤構築前後の等深線の比較であり、防砂突堤南側近傍域で

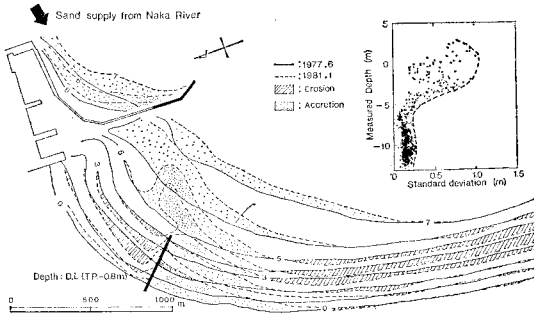


図-6 海底地形変化(図中の黒塗りの構造物は昭和52年6月以降に構築されたものである)

かなりの砂の堆積が見られ、その堆積域は突堤先端沖側まで舌状に分布している。これは、防波堤背後で生じる循環流の影響と考えられる。なお、侵食域は、突堤より離れた南側で生じているが、その量は 1m 以下である。また、防波堤前面においても、堆積が見られ井島ら⁵⁾(1961) が示したように当大洗港の北約 4km に位置する那珂川からの供給土砂によるものと考えられ、既往の広域深浅図により当海岸での土砂収支を検討した所、25 万 m^3 /年と算定され、井島ら⁵⁾(1961) の推定した値より若干多い。

図-6 の右上には過去 5 回分の構造物より離れた区域における広域深浅測量データより求めた平均水深からの変動の標準偏差を示した。これより当海岸の波による有意な地形変化は D.L. -5m (水深約 6m) 以浅で生じていると言える。

5. 中期および短期的地形変化

(1) 海浜断面測量の観測結果

図-1 に示した岸沖方向の 3 測線で、毎週、1 年間に

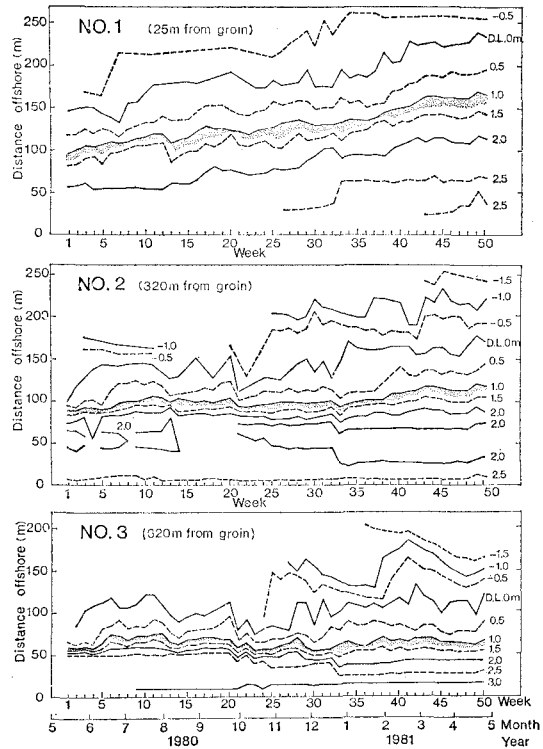
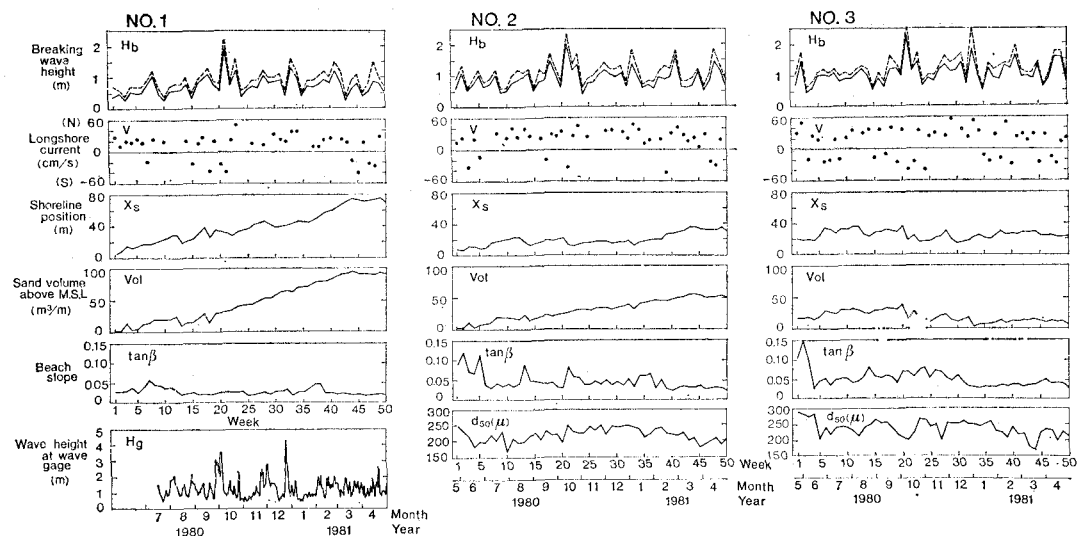


図-7 海浜地形の経時変化

わたり実施した海浜断面測量結果を図-7 に示す。図は、各水深までの基準からの距離を縦軸に、測量日を横軸に週単位でとり、地形の経時変化を示した。なお、各水深の基準は D.L. (T.P. -0.8m) である。同図によると、海浜は No. 1, No. 2, No. 3 と突堤から離れるにつれて急勾配となっており、 h を水深、 x を離岸距離として Dean¹⁰⁾ (1977) の提示した $h = Ax^m$ で当海浜における通常の碎波水深 1.5m までの勾配 A の平均値を求めると、No. 1 で $1/35$ 、No. 2 で $1/25$ 、No. 3 で $1/15$ となる。なお、 m はそれぞれ 0.97, 0.92, 0.89 の値となり、突堤に近い程海底勾配は直線的となっている。また、防砂突堤基部の No. 1 においては、各水深の位置が時間の経過と共に沖に移動しており、海浜は堆積傾向を示している。No. 2 においては、堆積傾向はさほど強くなく、さらに No. 3 になると年間を通しての堆積または侵食の傾向は見られない。

各測線における碎波波高 (H_b mean, H_b max), 沿岸流速 (V), 汀線位置 (X_s), 平均水面上の土量 (Vol), 前浜勾配 ($\tan \beta$) および中央粒径 (d_{50}) の経時変化を図-8 に示す。碎波波高は当然の事ながら各測線共ほぼ同様の傾向を示しているが、時期によっては、No. 1 → No. 2 → No. 3 と波高が大きくなる傾向に反するものがあり、これは、波高測定時の時間のずれと、さらに、碎波波高の測定が 10 波のみと少ない所に問題があると思



図—8 各測線における各測定量の経時変化

われる。沿岸流速については、No. 1 と No. 2 では 50 回の測定のうち 8 割以上が突堤（北側）に向く流れを示しているが、No. 3 になると 6 割程度となり、前述の流れの観測結果と同様な傾向にある。また、流速の絶対値は波高の大小にさほど関係なく 50 cm/s 以下で、これは、流速の測定位置が観測時の波高の大小によらず常に岸付近にあるためと考えられる。汀線位置の変化については前に述べたが、平均水面上の土量変化と汀線位置の変化はほぼ同様であり、砂の堆積、および侵食時の平均水面上の海浜断面はほぼ平行に移動していると言える。前浜勾配について見ると、突堤基部の No. 1 では時間的に変化せず一定の勾配を保っているが、突堤より離れた No. 2, No. 3 では No. 1 に比べ変化の度合いが大きい。No. 2, No. 3 での底質採取による結果を中央粒径 d_{50} の変化で見ると、両測線とも $200\mu\sim 250\mu$ の間にあり、汀線の変化と比較すると、汀線が前進するとき細粒に、逆に、後退するとき粗粒となる傾向が弱いながら存在する。このことは、底質粒径が鉛直方向に粗となっている傾向を示唆している。

これらの測定結果より波、汀線、前浜勾配および中央粒径の変化に関する相関について検討出来るが、問題と考えられるのは波のデータである。この観測により得られた波は週一回のみであり、地形変化に及ぼす波の履歴効果は大きく、出来るならば毎日の時々刻々の波のデータを用いる必要がある。図—8 の左下に沖に設置された波高計で得られた毎日の波浪データを示した。

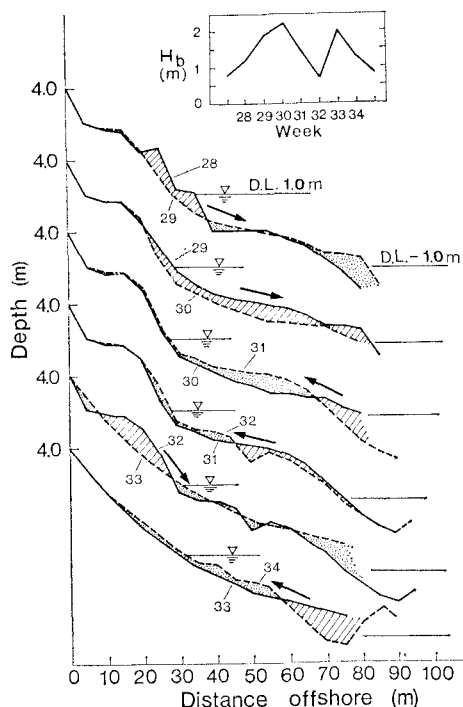
沖波のデータにはかなり短い時間的変動が見られ、以下に示す波と地形変化との応答については、この沖波より各測線の碎波波高に換算し、求めた週平均値を用いた。

(2) 波と地形変化の応答

海浜地形変化は、外力である波に最も支配されるもの

であり、当観測で得られたデータにより、波と地形変化の応答がどの様に現われているかを調べた。図—9 は、昭和 55 年 11 月 21 日（第 28 回目の測量）より 6 週間の測線 No. 3 の海浜断面の地形変化であり、同期間に入射した波を図の上段に示した。波には、6 週間の間に 2 回のピークがあり、地形の変化には、波高の増大による前浜部の侵食および波高の減少による堆積が明確に現われている。

次に、各測線について、波と汀線変化量の相関を砂



図—9 測線 No. 3 での短期的地形変化

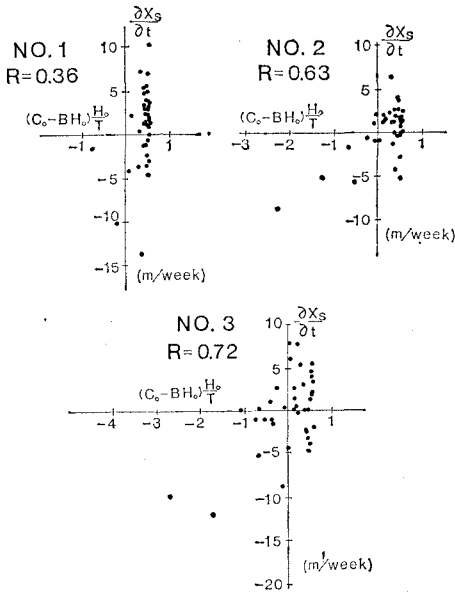


図-10 各測線毎の波と汀線変化の相関

村¹¹⁾ (1980) の提示した式

$$\frac{\partial x}{\partial t} = A(C_0 - BH_0) \frac{H_0}{T} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$B = (\tan \bar{\beta})^{0.27} \left(\frac{d}{L_0} \right)^{-0.67} L_0^{-1}$$

における左辺と右辺 $(C_0 - BH_0)H_0/T$ により観測データを用いて求めたものが図-10である。ここで、 $\tan \bar{\beta}$ は水深 6m までの平均海底勾配 1/60、 d には観測により得られた 250 μ を用い、また、 C_0 は堀川ら¹²⁾ (1975) による $C_0=18$ の値である。図-10によると、防砂突堤から離れるにつれ、汀線変化と波との相関が高くなっており、二次元的な海浜の応答は、自然海浜に近い程良く、構造物近傍では明確に現われない（前浜勾配が時間的に一定である事からも推定出来る）と考えられるが、十分な解析をするには至っておらず、このような検討は今後の課題としたい。

6. おわりに

大洗海岸を対象とし、構造物を有する堆積性の海浜で

の地形変化に関する観測結果を示し、若干の検討を行った。当観測は、昭和 56 年 5 月から防砂突堤より 2km 離れた構造物の影響を受けない海浜に新しい測線を設け観測を継続しており、構造物周辺の海浜変形を明らかにするために有意義なデータを提供するものと考えられる。

謝辞：本調査・研究を行うに当たり、東京大学堀川清司教授には、終始、御指導を賜ったので、ここに深甚の謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) Winant, C. D., D. L. Inman, and C. E. Nordstrom: Description of seasonal beach changes using empirical eigenfunctions, Jour. Geophys. Res., Vol. 80, No. 15, pp. 1979~1986, 1975.
- 2) 橋本 宏・宇多高明：阿字ヶ浦における海浜過程（第1報），第23回海岸工学講演会論文集，pp. 245~249, 1976.
- 3) 橋本 宏・宇多高明：阿字ヶ浦における海浜過程（第2報），第24回海岸工学講演会論文集，pp. 216~220, 1977.
- 4) 橋本 宏・宇多高明：阿字ヶ浦における海浜過程（第3報），第25回海岸工学講演会論文集，pp. 269~273, 1978.
- 5) 井島武士・佐藤昭二・青野 尚・鶴川義郎：茨城県磯浜港海岸の漂砂について，第8回海岸工学講演会論文集，pp. 168~175, 1961.
- 6) 荒木田哲也・鶴川義郎・水村和正：防波堤背後の流況と汀線変化（1），第25回海岸工学講演会論文集，pp. 199~203, 1978.
- 7) 水村和正：防波堤背後の流況と汀線変化（2），第26回海岸工学講演会論文集，pp. 195~199, 1979.
- 8) 茨城県三浜港湾事務所：大洗波浪調査報告書，332 p., 1981.
- 9) 小笹博昭・A. H. Brampton：護岸のある汀線変化数値計算，港湾技術研究所報告，第18巻，第4号，pp. 77~104, 1979.
- 10) Dean, R. G.: Equilibrium beach profile: U.S. Atlantic and Gulf Coasts, Ocean Eng. Tech. Rep. No. 12, Univ. of Delaware, 45 p., 1977.
- 11) 砂村継夫：自然海浜における汀線位置の時間的変化に関する予測モデル，第27回海岸工学講演会論文集，pp. 255~259, 1980.
- 12) 堀川清司・砂村継夫・近藤浩右・岡田 滋：波による二次元汀線変化に関する一考察，第22回海岸工学講演会論文集，pp. 329~334, 1975.