

人工前浜の締め固め強さと地形変化の観測

Field observation for sand compaction and topography change on an artificial beach face

松村健*・大久保周一*・加藤哉門*・久保田進**・竹澤三雄**

Takeshi Matumura, Shuuichi Okubo, Simon Kato, Susumu Kubota and Mitsuo Takezawa

A field observation for the on-offshore topography change and the sand compaction on an artificial beach face was conducted under the high wave condition. The slope of artificial beach face was set steeper than of the original beach face. The artificial beach face went back to original beach face such as previous results. However, sediment characteristics did not change due to larger external force than it corresponding with sediment grain size. At the points on the artificial beach face, data of sand compaction and ground level change were obtained.

1. はじめに

海岸侵食防止のための養浜工や、海岸利用のための人工前浜の造成を行う上で、用いるべき材料の特性や海浜形状を効率的に決定することが必要となる。そのためには、遡上域での外力としての遡上波と地形変化や底質特性との関係を明らかにしなければならない。著者らはこれまでに種々の現地海岸において、前浜形状を人工的に変化させて、その後の地形変化、底質変化を測定することにより、これらの関係について調べてきた(内藤ら, 1996)。

このような観測を行う場合に、西ら(1996)が指摘しているように、造成した人工前浜の締め固め強さが、地形変化に影響を及ぼしていることが考えられる。そこで本研究では、比較的前浜勾配のゆるい海岸に人工的に急勾配の前浜を造成して、この人工前浜の地形変化と底質特性の変化状況を調べるとともに、造成直後の前浜の締め固め強さとの関係について検討することにした。ただし本研究においては、締め固め強さに関する研究の第一歩として、人工前浜の造成に当たって安定材料の混入や薬液注入などの地盤安定化のための工法はとらず、後浜の砂を重機により集めて盛り砂、整形するにとどめた。また、締め固め機による締め固めも行っていない。すなわち、砂が波によって自然に動く状態での地形変化と締め固め強さに着目した。

2. 現地観測の概要

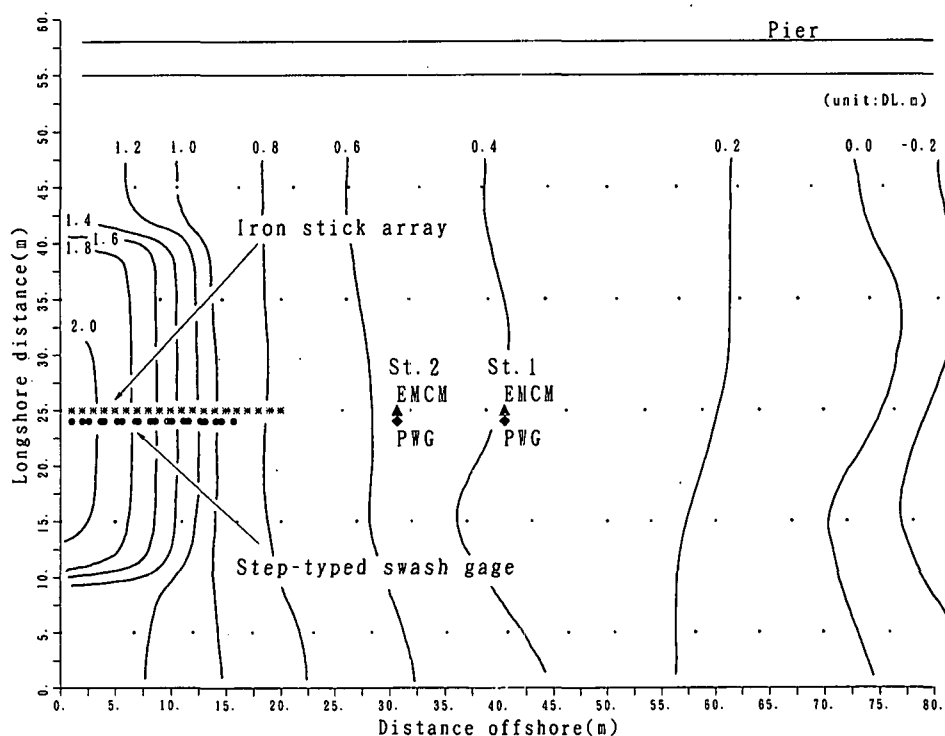
現地観測は、1996年8月28～29日に運輸省港湾技術研究所の棧橋のある茨城県波崎海岸において行った。28日には自然状態の前浜で行い、29日には人工的に前浜を作成して行った。以下には29日の観測概要を述べる。

図-1、写真-1に示されるように汀線付近に沿岸方向約30m、岸沖方向約20mの人工前浜を作成した。人工前浜は、バックホー(バケット容量、公称0.7m³)1台とブルドーザ1台により後浜の表層砂を集めて作成された。その結果、前浜勾配は約1/34から約1/12と急勾配になった。人工前浜の締め固めは、前述のように人工的に砂を動きにくくするのではなく、主に表面の整形を目的としてブルドーザ(接地圧0.31kgf/cm²)が前浜上を往復することにより行った。28日の深夜から29日の午前中にかけて降雨(日雨量約7.5～16mm)があり、これによって締め固め具合は、砂浜乾燥時の観測ケース(内藤ら, 1996)よりも良好であったと考えられる。人工前浜の沖には入射波を測定するために、ポール付きの架台に電磁流速計と水圧式波高計をとりつけた装置を2組設置した。このうち岸側St.2においては棧橋上よりVTR撮影を行い、ポール地点の水位変動を測定した。観測時間は14:20～15:30の70分間であり、観測時間間隔は0.2sである。

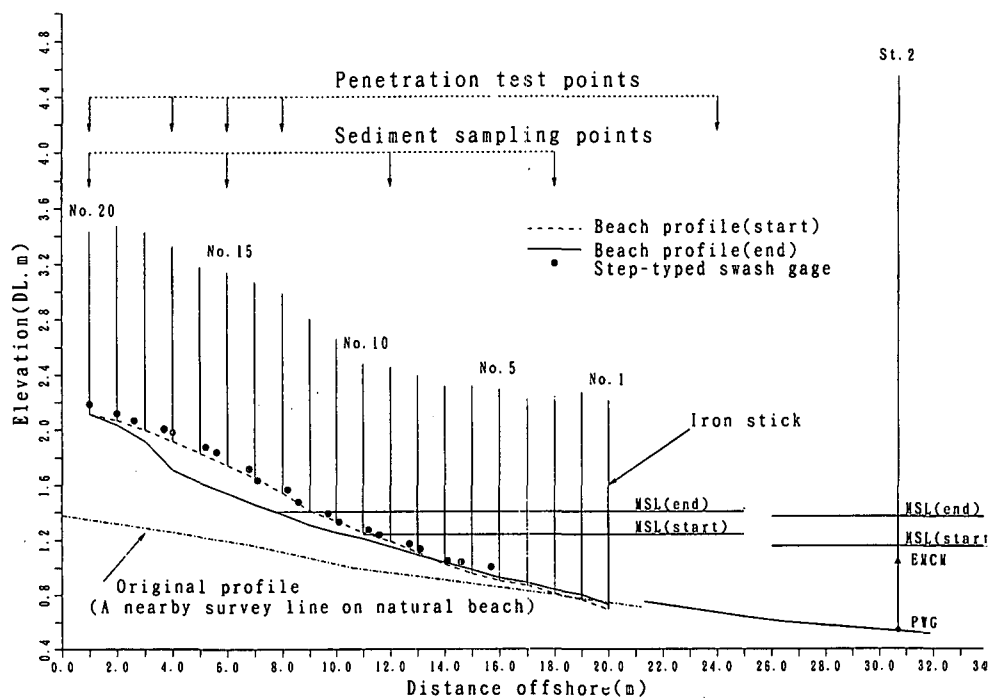
地形変化の観測には、図-2に示すように1m間隔で鉄杭(直径12mm、長さ1.5mまたは2.0m)を設置し、地形変化をmm単位の日盛り付き測量ポールにより直接測定した。測定スタッフは2人1組として5組、10人であり1分間隔で測定した。遡上波の観測には、20台のステップ式遡上計を用いた。地形変化の測定状況とステップ式遡上計を写真-2に示す。底質調査についてはNo.3、9、15、20の鉄杭地点付近において表層の底質を14:20、14:50、15:20、15:30の4回採取した。締め固め強さの調査については、建設省土木研究所で考案され(財)砂防地滑りセンターで検定を受けた簡易貫入試験機を用いて行った。簡易貫入試験機は先端部に角度60°、径25mmのコーンを持ち、5kgfの重りを50cmの高さから自由落下させ、先端コーンを10cm貫入させた時の打撃回数

* 非会員 日本大学大学院理工学研究科

** 正会員 日本大学理工学部土木工学科 (101 千代田区神田駿河台1-8)



図—1 観測領域の地形と計測機の平面配置



図—2 人工前浜の中央測線の断面地形と計測機の配置

N_c を測定するものである。貫入試験は、観測開始前に人工前浜の海側 8.6 m 地点と No.13、15、17、20 地点の鉄杭付近で行った。なお N 値への換算式には、岡田ら(1992)の実験式を用いた。調査時の状況を写真—3に示す。

観測中の人工前浜周辺の状況を写真—4に示す。観測中には高波浪が来襲しており、栈橋の基準より約 230 m 地点(汀線の海側約 200 m)の超音波式波高計によれば $H_{1/3}=1.9$ m、 $T_{1/3}=8.7$ sであった。

3. 観測結果

1) 入射波と遡上波



写真—1 バックフォーとブルドーザによる人工前浜の作成



写真—2 地形変化の測定とステップ式遡上計



写真—3 簡易貫入試験機



写真—4 人工前浜上での観測状況

ステップ式遡上計のデータを、鉛直高さに変換した遡上波の水位変動データと、St.2におけるポール地点のビデオデータから読みとった水位変動データを用いて、それぞれ1分間の平均値と分散値を求めて、図-3(a)、(b)に示す。図-3(a)より平均遡上高さ(平均汀線高さ)とSt.2の平均水位は、ほぼ同様な値を示し、観測期間中に約20 cm上昇している。ただし始めの15分間は、平均遡上高さの方が高くなっているが、これはこの時間の潮位が十分上昇しておらず、遡上計の設置範囲内に遡上波運動が入っていないためである。図-3(b)に示される分散値によれば、30分後、50分後付近に遡上波とSt.2の水位変動両方にピークが見られる。遡上波については、その他の時間帯にもパワーのピークが生じている。

2) 前浜地形変化

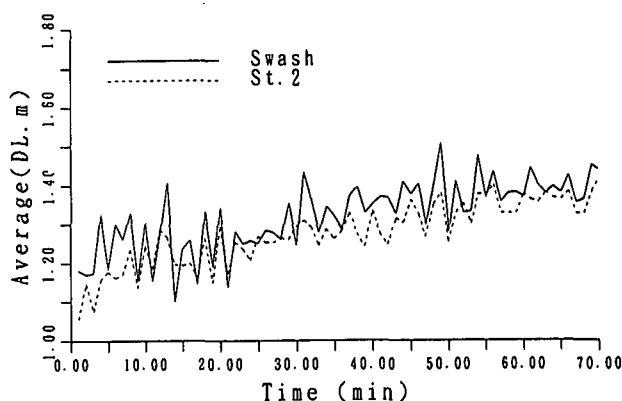
図-4に鉄杭各点における地盤高変化を示す。縦軸の1刻みが5 cmであり、各地点の変化を1刻みづつずらして示した。顕著な地盤低下はNo.13~No.17で生じており、特に30分後にNo.15で、50分後にはNo.16で、70分後にはNo.13~17全般にわたって急激な地盤低下が生じている。30分後、50分後の変化は、先の入射波と遡上波のパワーの大きな時間とほぼ対応している。図-5には人工前浜の10分毎の断面形状の変化を示す。基準点より約14 m地点を境に、海側が堆積域になり陸側が侵食域になっているが、堆積域の面積は侵食域の面積に比べてかなり少ない。この原因としては、堆積域が観測区域より海側まで及んでいることや、沿岸方向に漂砂が拡散したことなどが考えられる。また、観測開始より60分までの侵食量はほぼ同様であるが、60~70分で地盤が大きく侵食している。この原因については十分に明らかでない。

3) 底質変化

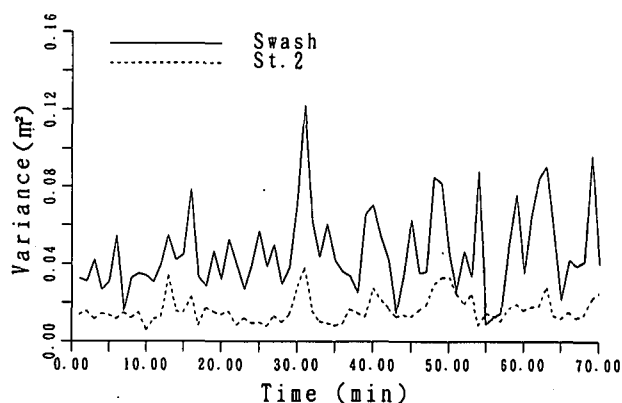
中央粒径と平均比重の時間変化を図-6、図-7に示す。侵食域のNo.9、15および堆積域のNo.3のいずれにおいても時間的に顕著な変化は生じていない。内藤ら(1996)の波崎海岸での同様な観測によれば、中央粒径、平均比重共に小さいものが移動しやすく、侵食域では平均比重と中央粒径が大きくなることが報告されている。しかしながら、本観測の結果はそうなっていない。これは内藤らの観測時の波は、 $H_b=0.7$ m、 $T=9.0$ sであったのに対して、本観測の波は高波浪で碎波波高約2 mであった。そのため、この海岸の全ての粒径範囲、比重範囲の砂が移動していたことが考えられる。

4) 前浜の締め固め強さ

簡易貫入試験により得られたNc値(表層10 cm貫入するために必要な貫入回数)と、表層10 cm以深の貫入回数1回ごとの貫入深さを図-8に示す。人工



(a)平均水位



(b)パワー

図-3 遡上波と入射波の平均水位とパワー(1分間平均値)

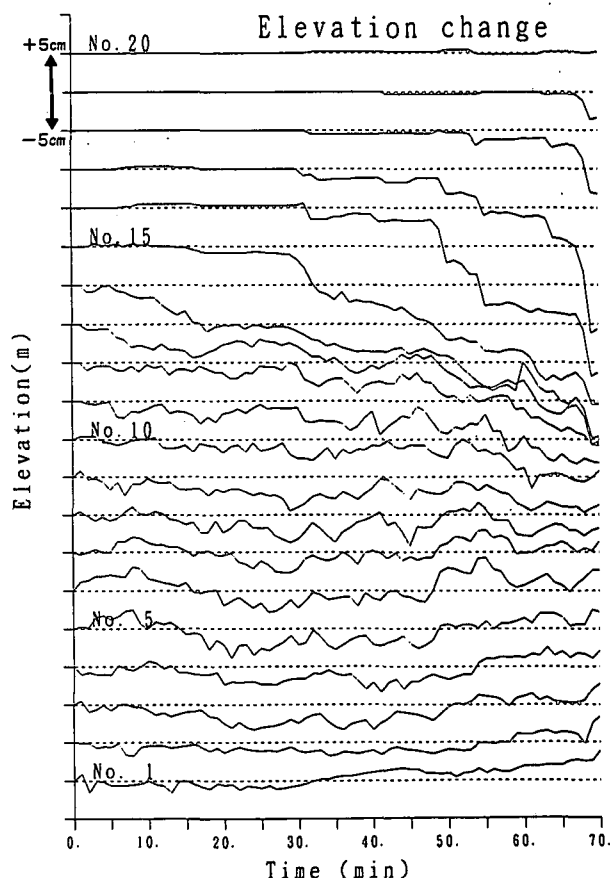
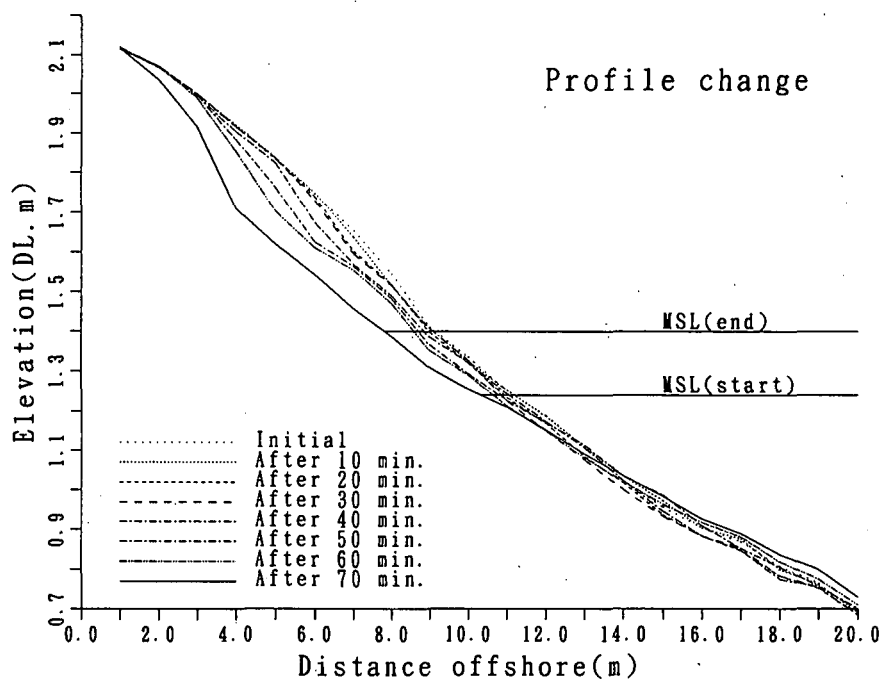
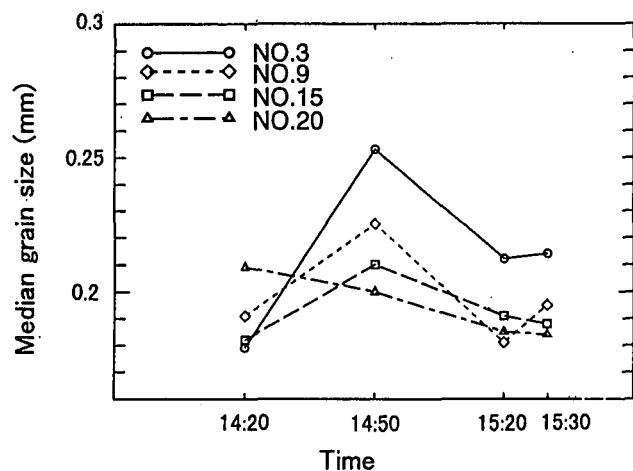


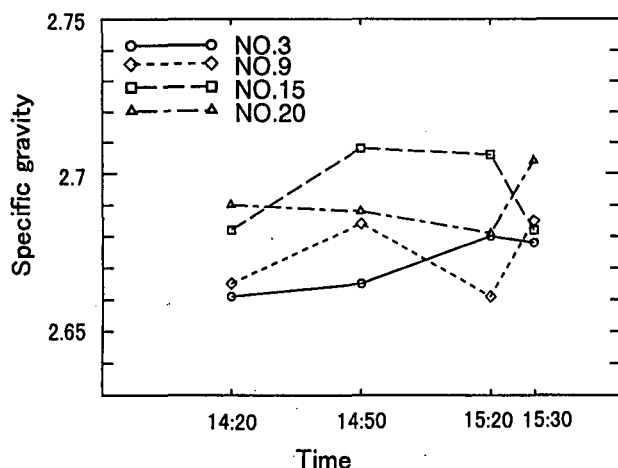
図-4 人工前浜上の地盤高変化



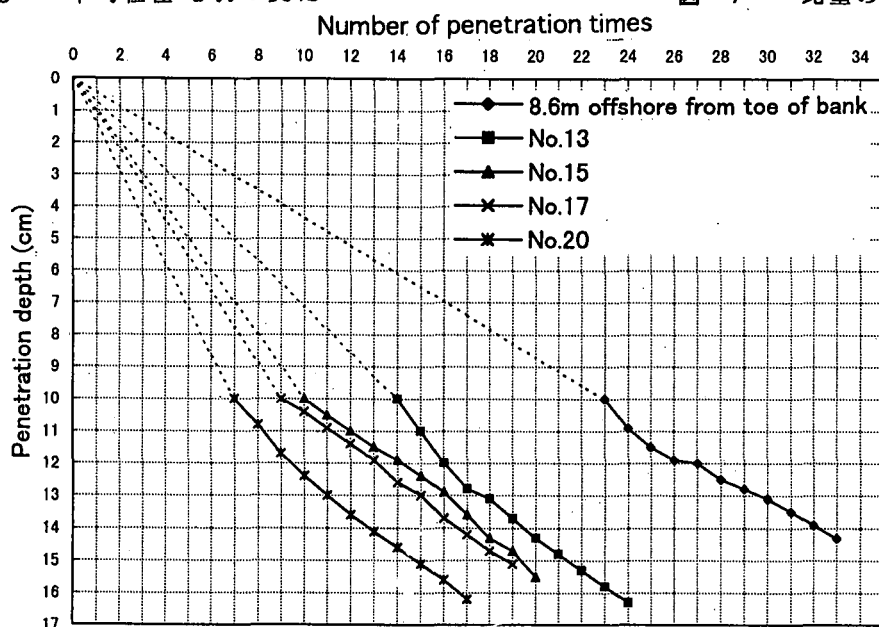
図—5 人工前浜の断面変化 (10分毎)



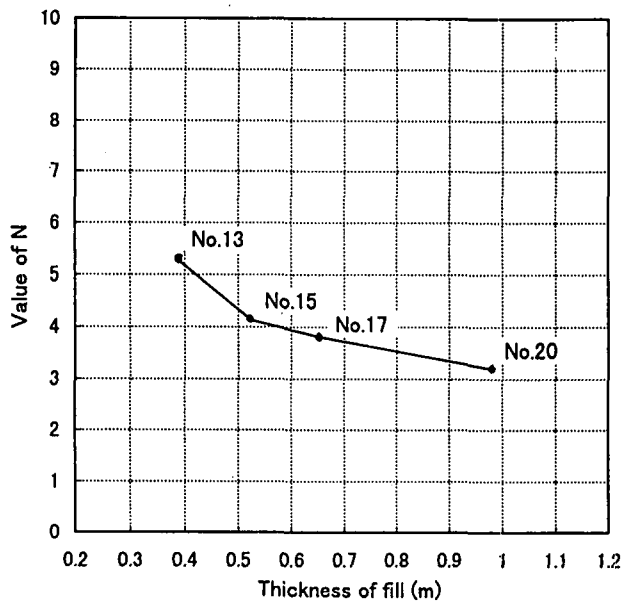
図—6 平均粒径 d_{50} の変化



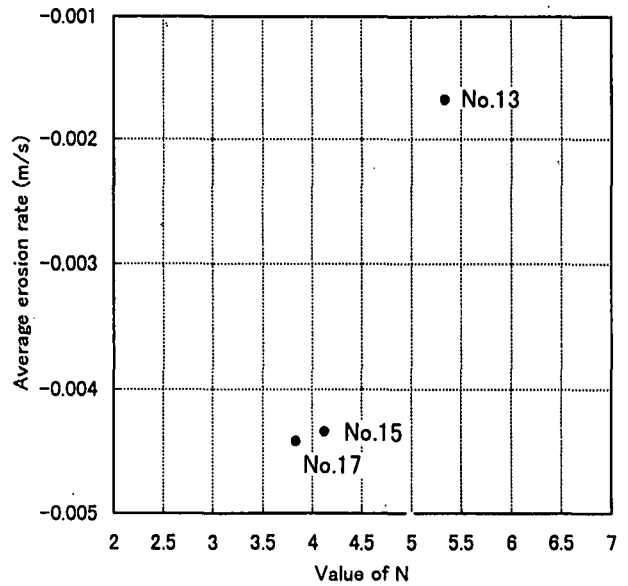
図—7 比重の変化



図—8 地盤の締め固め強さの測定結果



図—9 盛砂厚さとN値の関係



図—10 地盤低下侵食速度とN値の関係

前浜上の各地点の締め固め強さは、人工前浜端から 8.6 m 地点の自然地盤よりも弱い。表層 10 cm 以深の締め固め強さは、人工前浜においても自然地盤においても、ほぼ同様な強さを示している。人工前浜の盛り砂の厚さと N 値との関係を図-9 に示す。盛り砂の厚さが大きいほど N 値が小さく、締め固めが弱いことがわかる。ここで地形変化の生じた No.13、15、17 の 3 地点での表層 10 cm の平均地盤低下速度（平均侵食速度）と N 値との関係を図-10 に示す。図より平均地盤低下速度は、No.13 で約 1.5 mm/s、No.15、17 で約 4.5 mm/s であり、速度の遅い No.13 の N 値は 5.3、速度の速い No.15、17 ではそれぞれ 4.1、3.8 となっている。ただし No.13 では陸側からの侵食土砂が堆積していたために、低下速度が遅くなっていたことが考えられる。したがって今回の条件では、N 値 4~5 に対して 4~5 mm/s の低下速度が対応するものと考えられる。

4. 結論

以下に本研究で得られた主要な結論を示す。

- ① 人工の急勾配の前浜は、次第に削られて造成前の前浜地形に戻る変化が生じた。前浜の侵食土砂の一部は、その海側に堆積した。侵食域と堆積域の境界は、平均的な汀線よりもやや海側に位置した。これらはこれまでの同様な観測（内藤ら,1996）の結果とほぼ一致する。
- ② これまでの観測（内藤ら,1996）結果と異なり、地形変化による底質変化は生じなかったが、これは底質の粒径や比重と入射波のパワーとの関連において、入射波のパワーが十分大きかったためと考えられる。
- ③ 造成直後の人工前浜の締め固め強さは、表層 10 cm の N 値で見ると盛り砂厚さの厚い陸側ほど弱かった。N 値と平均地盤低下速度との関係は、N 値 4~5 に対して低下速度 4~5 mm/s となった。しかしながら、鉛直方向の締めまり方の分布や、漂砂量との関係などについて今後さらに詳細な観測を行う必要がある。

謝辞：現地観測に際し、運輸省港湾技術研究所波崎海洋研究施設の栈橋およびその付属施設を使用させて頂いた。現地観測とデータ解析において、中央大学理工学部流体研究室、日本大学理工学部海岸研究室の学生諸君に多大な協力を受けた。これらの関係各位に深く感謝します。

参考文献

- 岡田勝也・杉山友康・野口達雄・村石尚（1992）：盛土表層部の土質強度に関する異種のサウンディング試験結果の相関性、土と基礎、Vol.40, No.4, pp.11-16.
- 内藤朗・栗原淳・松野正義・久保田進・竹澤三雄（1996）：人工前浜の地形変化に関する現地観測、海岸工学論文集、第 43 巻、pp.521-525.
- 西隆一郎・大見真治・佐藤道郎・宇多高明・N.C.Kraus（1996）：海浜と砂丘の締めまり度に関する研究、海岸工学論文集、第 43 巻、pp.681-685.