

大潟波浪観測所における観測施設と二、三の観測例

岩垣雄一・樋口明生・野田英明・柿沼忠男

FACILITIES AND EQUIPMENTS OF ŌGATA WAVE OBSERVATORY AND SOME RESULTS OF WAVE OBSERVATIONS

By *Yuichi IWAGAKI, Haruo HIGUCHI, Hideaki NODA,*
and *Tadao KAKINUMA*

Synopsis

On the 24th of November in 1966, the Ōgata wave observatory was opened in order to observe the transformation of coastal waves in shallow water, the nearshore current system, the sand drift, and the variation of bottom configuration, etc.

In this paper, the facilities and equipments installed are described with some results of wave observations.

1. 緒 言

海岸災害の原因は地震津波を除けば、台風や冬季節風による高波や高潮が主なもので、このような海岸災害を防止軽減するためには、原因である高潮、波浪その他それに伴っておこる海岸浸食、漂砂などの特性を観測によって十分に把握し、それに対処する各種の施策を考察し、有効適切な海岸構造物の計画・設計とその築造を推進する必要がある。

しかし、そうした諸現象は、これまで断片的に観測され、また、ほとんどすべての観測は、かなり観測の容易な比較的静穏なときに行なわれた程度で、こうした方面の学問の進歩は、非常に立ち遅れている。こうした研究の壁を打破するためには、まず、そうした諸現象を、長期間にわたって総合的に観測することであるが、その場合、海中の1個の地点での観測ではきわめて不十分で、どうしても、浅海における数個の固定した地点での観測が必要になってくる。すなわち、防波堤とか突堤などの海岸構造物を築造しようとする工学的見地から考えると、水深が15m程度のところから岸側の浅海における波とか、流れあるいは漂砂、海底地形の変動、波力などの場所的な変化が問題であって、水深とともにこれらの現象がどのように変わっていくかが研究の対象として取り上げられることになる。

このような意味から、海岸より沖へ突出した長い栈橋を利用したらどうであろうという考え方がおこる。栈橋を用いると、海面が荒れていても、その直上へ行くことができ、計測器などのリード線も安全であり、また上述のように、1次元的ではあるが、現象の場所的の分布を知ることができる。著者らは、このような理由から、新潟県中頸城郡大潟町にある帝国石油KKの栈橋を利用することを考え、そこに波浪観測所を設置することになった。

この論文は、そうした大潟波浪観測所の施設および機器について述べるとともに、栈橋と海中塔を利用して得た若干の波浪観測結果を示して、こうした方面の研究の参考に供したいと思う。

2. 大潟海岸と観測施設

(1) 大潟海岸

観測の対象となる大潟海岸は、北緯 37°13′, 東経 138°19′ に位置し、新潟県直江津市の東北に隣接した大潟町にある。この海岸には、第一人工島といわれる栈橋とそれから約 2 km 東北で海岸より 1.3 km の沖合に第二人工島といわれる海中塔があるが、Fig. 1 は、大潟海岸の位置図、Fig. 2 は、栈橋および第二人工島の位置図、Fig. 3 は、第二人工島を通る N, NW, W の 3 方向の海底断面図を示す。Fig. 2 によれば、等深線は、かなり深いところまで、海岸線とほぼ平行に走っていることがわかる。

米国のカリフォルニア州には、San Diego のすぐ北の La Jolla という町の海岸に、観測用長大栈橋として有名な Scripps 栈橋がある。この栈橋は、カリフォルニア大学 Scripps 海洋研究所に所属し、その長さは約 1,000 ft, 先端における水深は約 15 ft である。Photo. 1 は著者の一人岩垣が 1962 年に訪問した際にとった Scripps 栈橋の写真であり、Fig. 4 は、その栈橋の付近の海底地形を示したものである²⁾。海洋研

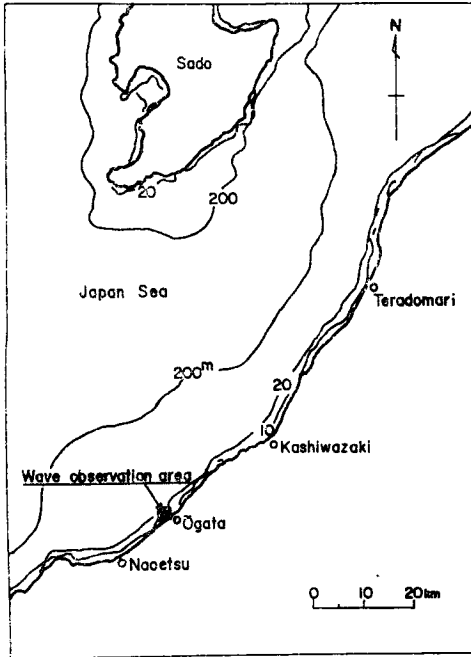


Fig. 1 Topographic map of Ōgata Coast.

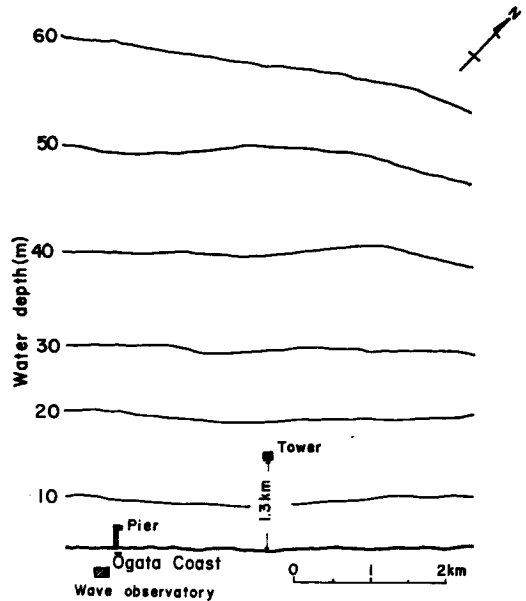


Fig. 2 Location of pier and tower.

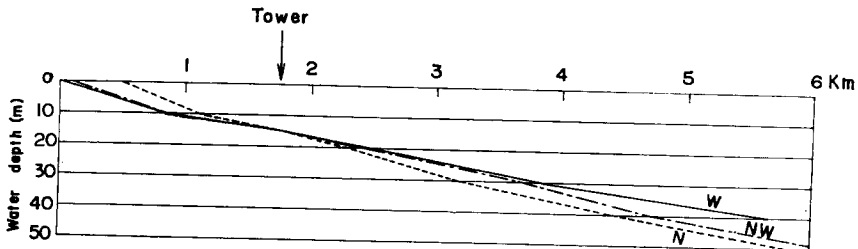


Fig. 3 Bottom profiles through tower.

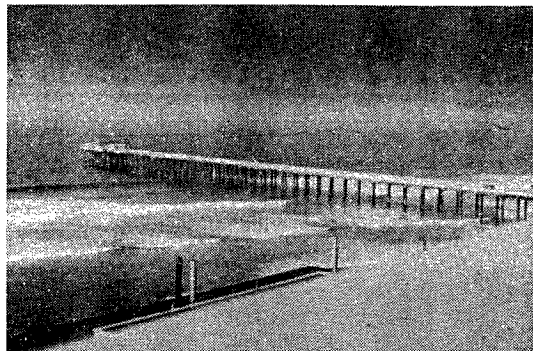


Photo. 1 Bird's-eye view of Scripps Pier.

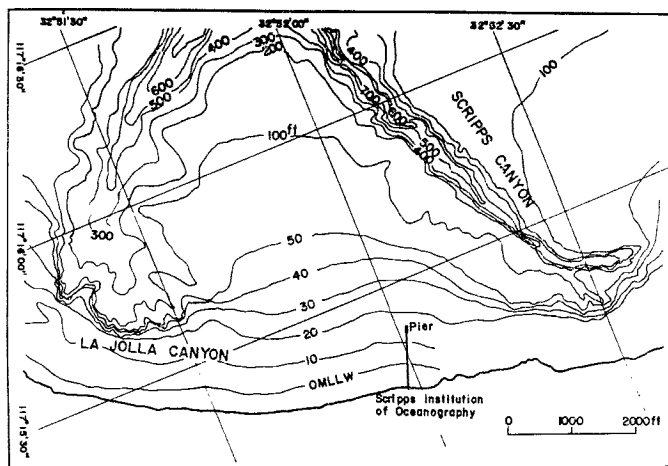


Fig. 4 Location of Scripps Pier.

究所は棧橋の背後の海岸の上であり、棧橋上のクレーンを利用して観測船の積上げ積下しをしたり、計器を取付けて随時に観測を行なっているようである。しかし、Fig. 4 でわかるように、Scripps Canyon とか La Jolla Canyon という非常に深い海谷が存在し、海底地形が複雑なので、そのため波が屈折し、沖波との関連をつけるのに困るのではないと思われる。いちおう屈折図を作成して、各方向から来襲する波の屈折係数を求めているが、波のスペクトル特性を調べようとする場合には、海底地形が複雑なほど解析が不確実になる可能性が多いと思われるので、Scripps 棧橋は波浪観測には適当な場所でないといえる。しかし最近米国ではリクリエーションのための棧橋を利用して、波浪を観測する試みが各所で行なわれているようである。

(2) 棧 橋

潟町地区沖合のガス層および油層開発のため、昭和35年に、帝国石油KKが構築したものである。この構築物は、第一人工島と名付けられているが、実際は鋼管による固定式ジャケット型プラットフォームとジャケット型棧橋とでできており、全長 314.5 m、汀線からの海上部分の長さ約 250 m、棧橋先端の水深約 6~7 m の長大棧橋である。鋼管の直径は、海面付近で 565 mm である。

Fig. 5 はこの棧橋を示したもので、Photo. 2 はその全貌である。棧橋の高さが海面上 13~14 m 程度、その先端まで自動車で行くことができる。Fig. 5 の立面図でわかるように、この棧橋に沿う海浜断面は比

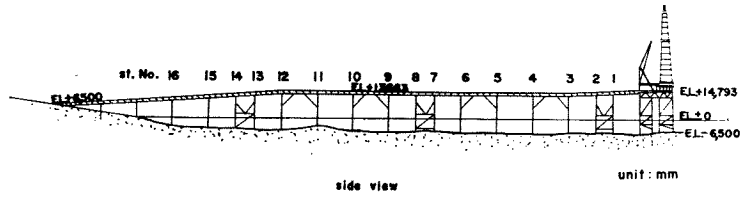


Fig. 5 Side view of pier.



Photo. 2 Full portrait of pier.

較的単調であって、汀線から 90 m ほど沖の St. No. 11 の付近に小規模の沿岸砂州が見られる程度で、先端からその地点まではほぼ一定の水深を示している。したがって、波の進行に伴う波高減衰の観測を行なうには、最も好都合である。

現在、階段抵抗式波高計が 6 台設置されている。

(3) 第二人工島

昭和38年に、帝国石油KKが、栈橋構築と同一の目的で構築したもので、沖合約 1.3 km, 水深 15 m の

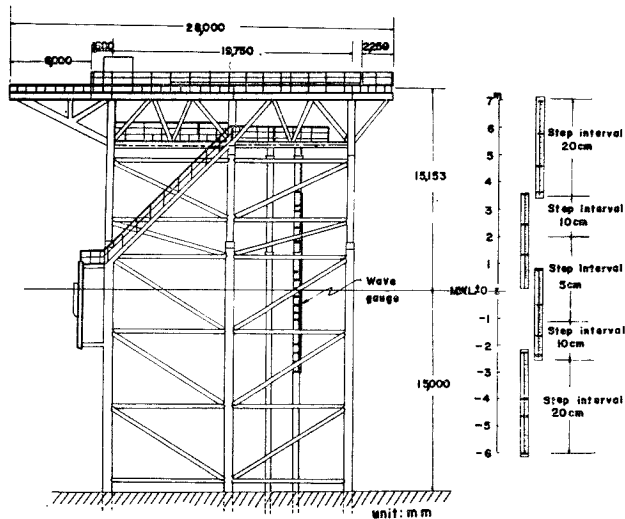


Fig. 6 Side view of tower and position of wave gauge installed.

地点にある。この構築物は、鋼管による固定式ジャケット型プラットホームの人工島で、鋼管の直径は栈橋と同一である。

Fig. 6 は第二人工島を示したもので、**Photo. 3** はその全貌である。

現在、階段抵抗式波高計が1台設置されている。

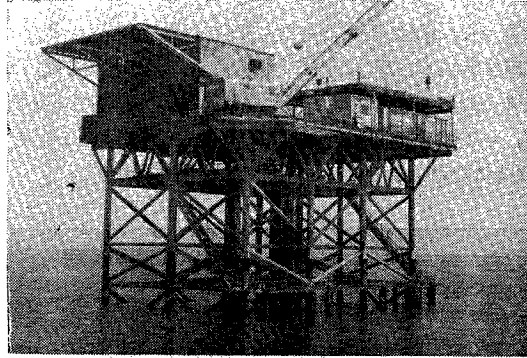


Photo. 3 Full portrait of tower.

(4) 観 測 室

昭和40年度に、栈橋が見おろせ、汀線から150mほど離れた砂丘上に995坪の土地を購入し、そこにとりあえず約30坪の観測室を建設した(昭和41年11月完成)。**Photo. 4** は観測室正面を示す。

現在、栈橋の6地点における波の記録とともに、風速、風向、および気圧の記録がとられている。

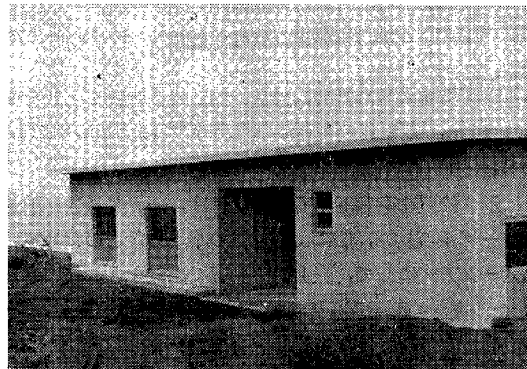


Photo. 4 Wave observatory.

3. 観 測 機 器

(1) 階段抵抗式波高計(協和商工KK製)

栈橋に設置してある6台の波高計は、リレーを採用した階段抵抗式波高計で、海面の上昇下降とともに電気抵抗が変化し、そのためリレーが働いて海面の位置の変化を記録計で記録するようになっている。波高計全体としては、つぎの各部からなっている。

- | | |
|-----------------|---------|
| 1) 階段抵抗式波高桿(6台) | } 栈橋に設置 |
| 2) リレー・ボックス(6個) | |
| 3) ケーブル | |

- 4) コントロール・ボックス (1台) }
 5) 自動操作用電接時計 (2個) } 観測室内に設置
 6) 記録器 (1台)

また、この波高計の機能は、つぎのとおりである。

- 1) 測定範囲 : 7 m
 2) 波高桿の電極間の間隔 : ± 1 m は 5 cm, $\pm (1 \sim 3.5)$ m は 10 cm
 3) 記録方式 : a) 偶数時 2 時間ごと 10 分間, b) 偶数時 2 時間ごと 20 分間, c) 4 の倍数時 4 時間ごと 20 分間の自動記録 (タイムプリンタ付加), d) 手動による任意時刻からの連続記録。

記録は観測室で行なうが、ペン書き記録とともに低速度時間データ・レコーダ (TEAC KK 製, テープ速度 $\frac{15}{16}$ inch/sec) に同時に記録させることも可能である (Photo. 5)。

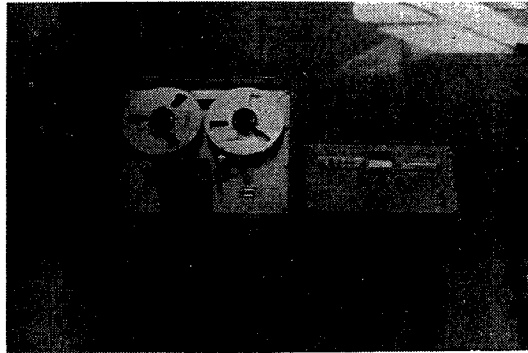


Photo. 5 TEAC data recorder (tape speed : 15/16 inch/sec).

第二人工島に設置してある階段抵抗式波高計は、通常、偶数時 2 時間ごと 10 分間の定時観測を行なうようにしてあり、その測定範囲は 14 m, 電極間の間隔は ± 1.5 m では 5 cm, $\pm (1.5 \sim 3)$ m では 10 cm, $\pm (3 \sim 7)$ m では 20 cm である。

第二人工島には Fig. 6 に示す位置に昭和39年度より取付け、一か月巻きに改造して塔上の小屋の中で記録をとっているが、電池やケーブルの故障、船による連絡の不十分などのために、うまく連続記録がとれない状態である。いずれテレメータ方式にして、陸上の観測室で記録をとれるよう計画している。

Fig. 7 は、栈橋に設置した波高計の配置図を示し、Photo. 6 および 7 は、それぞれ、栈橋と第二人工島に取付けた階段抵抗式波高計波高桿部および波高計記録部を示し Photo. 8 は、栈橋に取付けたリレー・ボックスを示す。Fig. 8 は、栈橋における波浪記録の 1 例であるが、栈橋の先端付近の 3 台の波高計、W-1, 2, 3 の記録から、方向スペクトルを求めることができる。

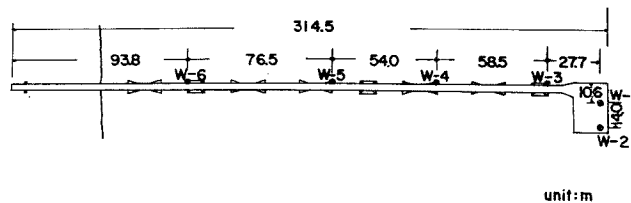
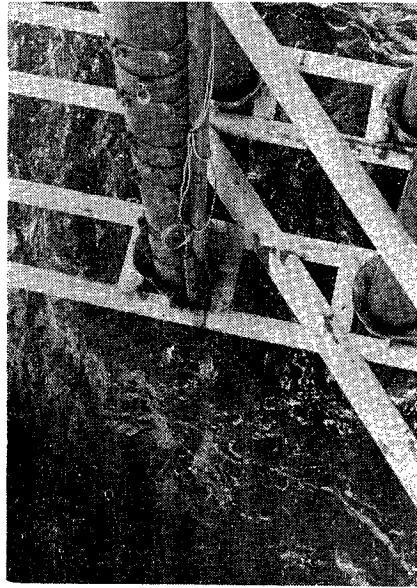


Fig. 7 Position of wave gauges at pier.

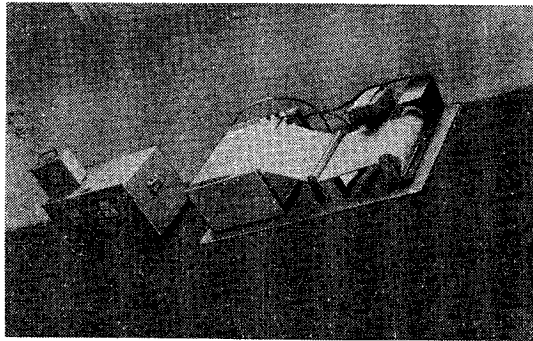


(a) pier

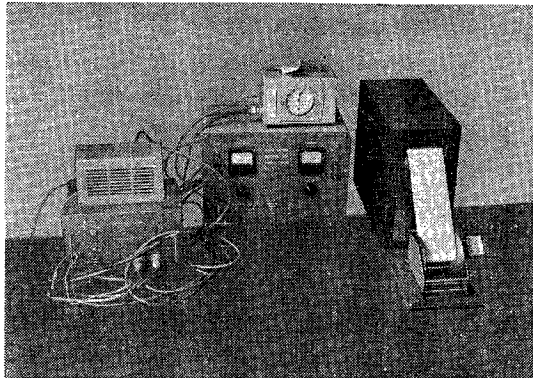


(b) tower

Photo. 6 Step-resistance gauges installed.



(a) pier



(b) tower

Photo. 7 Recorders.

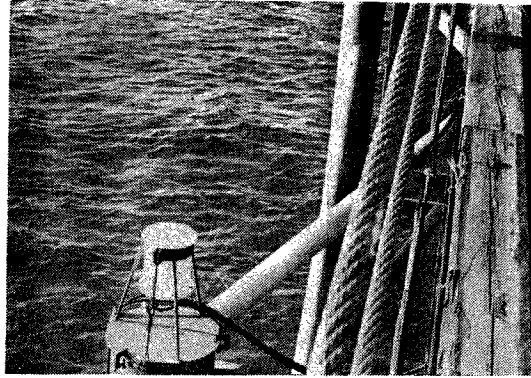


Photo. 8 Relay box installed at pier.

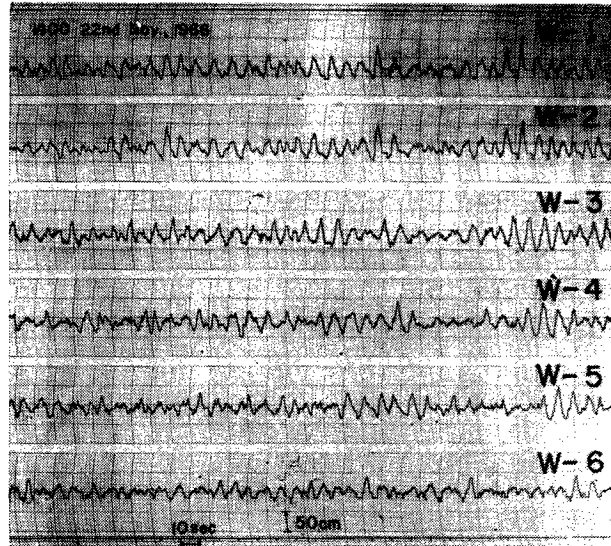


Fig. 8 Wave records at pier.

(2) 望遠レンズ付き 16 mm 撮影機および波浪観測用ブイ

望遠レンズ付き 16 mm 撮影機 (2台): Paillard Bolex H-16 Camera に、撮影速度が2コマ/sec となるような付加装置 (ナックKK製) を取付けたもので、望遠レンズは 1000 mm ($f: 6.3$), 400 mm ($f: 4.5$), 150 mm ($f: 3.3$), および 75 mm ($f: 2.8$) の4種類がある。この望遠レンズ付き 16 mm 撮影機によって、波浪観測用ブイの上下運動や鋼管杭における水面の上下を波形として撮影することができる。Photo. 9 は、1000 mm 望遠レンズ付きの 16 mm 撮影機を示す。

波浪観測用ブイ: 栈橋の沖合や海岸線に平行な地点における波を観測するためのブイで、Photo. 10 はその全貌を示す。

4. 栈橋および第二人工島を利用した波浪観測とその解析例ならびに将来計画

(1) 第二人工島を利用した波浪観測²⁾

Fig. 9 は、第二人工島で得た波浪記録を Photo. 11 に示す digital tracer (日本電気機材KK製) で読

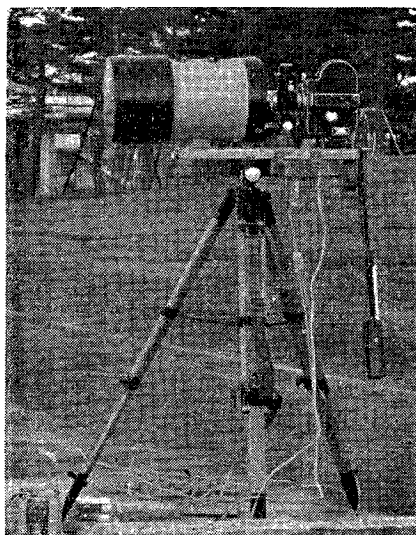


Photo. 9 16mm camera with a 1000 mm telephoto-lens.

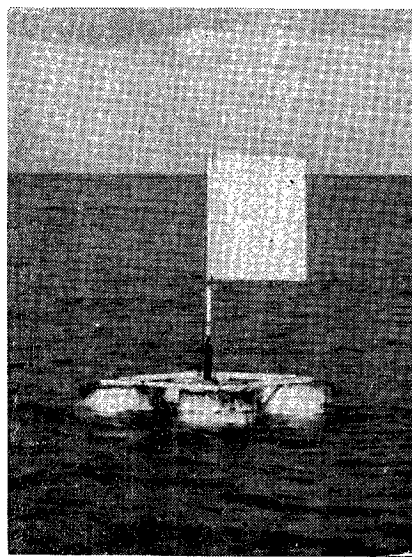
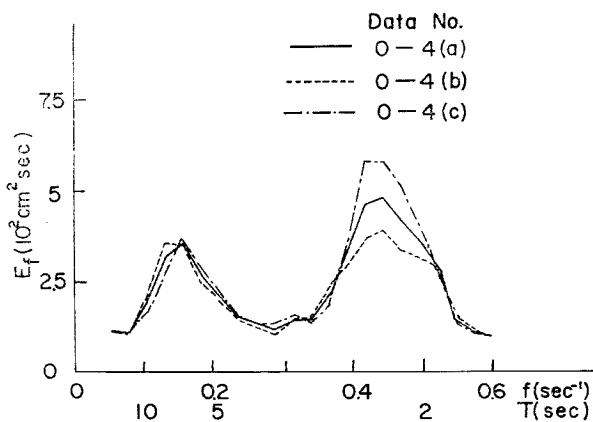


Photo. 10 Buoy for wave observation.

みとり、京都大学の電子計算機KDC-1によって求めたエネルギースペクトルの例を示したもので、実線が10分間の記録によるもの、破線がその中の前半5分、鎖線が後半5分の記録から求めたもので、(a)の場合は多少ピークの付近で異なっているが、波高に換算すれば±15%程度の差である。(b)の場合は5分間でも10分間でもよく一致している。Fig. 10は、10分間の記録より求めた波浪スペクトルと $E_T=f^{-4}$, f^{-5} , および f^{-8} との比較を示したもので、波浪スペクトルはピーク付近の高周波側において $f^{-4} \sim f^{-5}$ にほぼ平行であることがわかる。



(a)

Fig. 9 Comparison between wave spectra for 10 min., first half, and second half records.

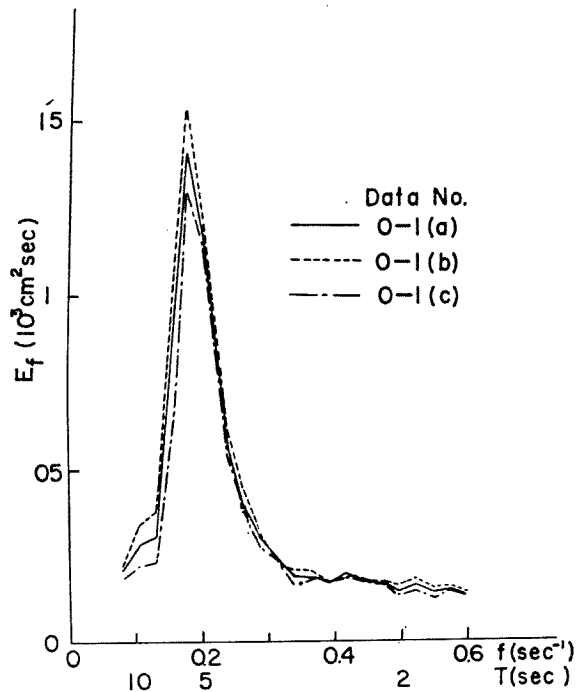


Fig. 9 Comparison between wave spectra for 10 min., first half, and second half records.

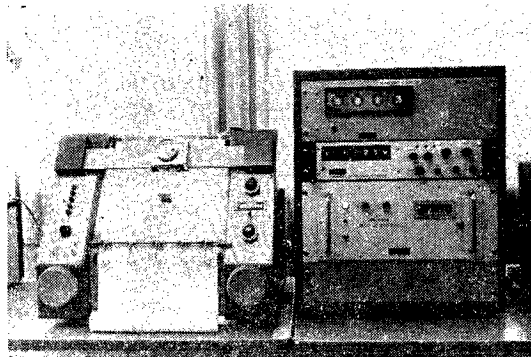


Photo. 11 Digital tracer.

(2) 棧橋を利用した波浪観測³⁾

現在は、棧橋の鋼管杭に6台の波高計を設置して、波の進行に伴う波浪の変形を観測しているが、それまでは、望遠レンズ付きの16mm撮影機により、各鋼管杭における水面の昇降を毎秒2コマで撮影し、そのフィルムをPhoto. 12に示すフィルムモーション・アナライザ(ナックKK製)によって、水面の上下を読みとり、その結果をsmooth curveで連続的に結んで波浪記録とする方法を採用した。このようにして得られた波浪記録はPhoto. 11に示すdigital tracerと車載用データ・レコーダ(日本電気KK製)とに

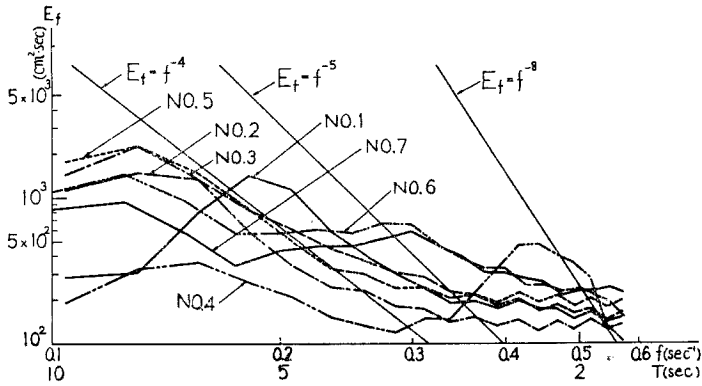


Fig. 10 Comparison of observed wave spectra with $E_f = f^{-4}$, f^{-5} and f^{-8} .

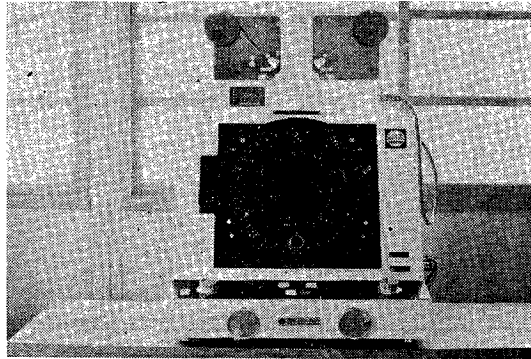


Photo. 12 Film motion analyzer.

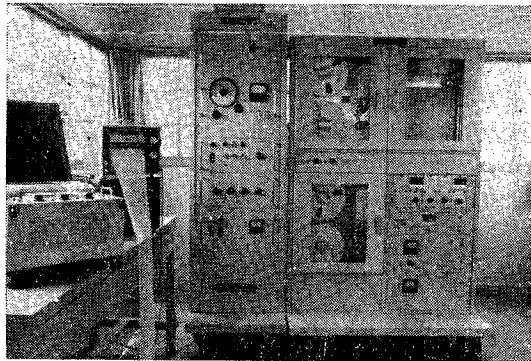


Photo. 13 Spectrum analyzer.

よって磁気テープに吹き込み、Photo. 13 に示す周波数分析装置（日本電気KK製）^{42, 51} によってその波浪スペクトルを求めた。Photo. 13 の左端は車載用データ・レコーダ、右端は磁気テープ増速再生器、中央は周波数分析器、その左はスペクトルが記録される記録計を示す。

Fig. 11 は昭和40年11月に実施した観測結果の一部であって、St. No. 2~16 (Fig. 5) の間の波浪スペ

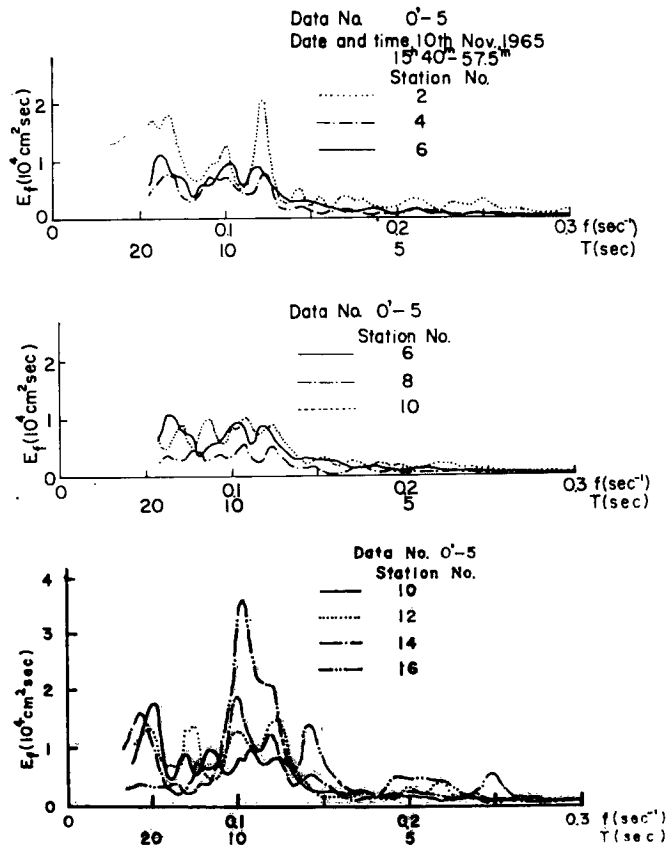


Fig. 11 Transformation of shallow water ocean wave spectra.

クトルの変形を示す。波浪スペクトルは周波数分析器（帯域濾波器の帯域幅：4 cps，ループ周期：2 sec）によって得たが、観測中、風速は 11 m/sec，風向はNで，波向は栈橋とほぼ平行であり，海面はいたるところ白波がたち，栈橋付近では碎波の状態であった。Fig. 11 をみると，最も沖側の St. No. 2 において卓越した周期の波が，St. 10 へ近づくとしたがついて急激に減衰している様子がおかるが，詳細に見れば，簡単ではなく，もっと複雑な様相を呈している。このときの St. No. 2 における有義波高は 3.2 m，有義波周期は約 12 sec である。

Fig. 12 は，同一資料にもとづいて，2 sec 間隔あるいは 5 sec 間隔の波形の変化を示したものである。

(3) 将来計画

将来は音響測深器，漂砂採集器，流速計，潮位計，波圧計などを取付けて，つぎのような観測研究を実施したいと考えている。

1) 海岸波浪の予知に関する研究，2) 海岸波浪の減衰に関する研究，3) 海岸波浪の方向スペクトルの研究，4) 海岸波浪に伴う海底地形変動に関する研究，5) 海浜流系統に関する研究，6) 漂砂に関する研究，7) 海中構造物に作用する波力に関する研究。

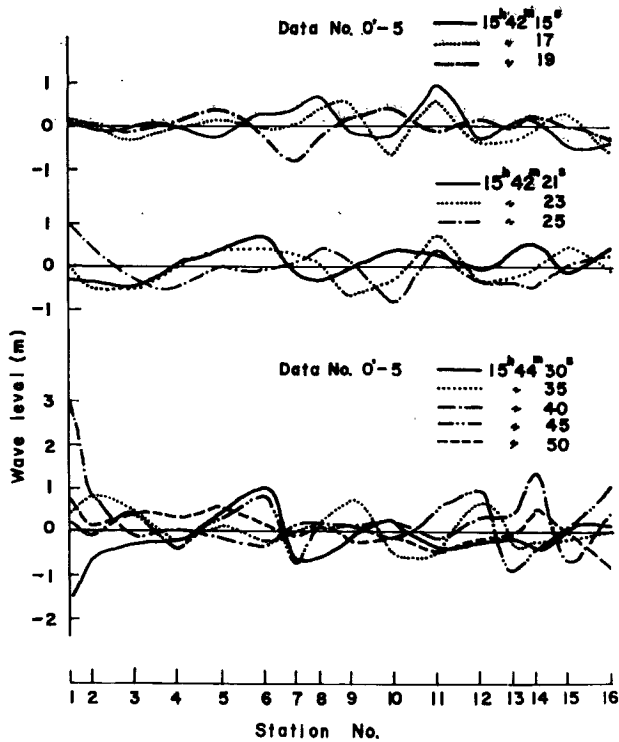


Fig. 12 Wave profiles.

5. 結 語

以上、著者らは、大瀧波浪観測所の施設および機器について述べるとともに、栈橋と第二人工島を利用して得た若干の波浪観測結果を示した。これまでわが国には長大栈橋によって波浪その他の沿岸海況を系統的に観測した例はまだないと思われる。その意味で、現在着々と準備を進めている新潟県大瀧町海岸の帝石栈橋を利用した海況観測の計画の概要をも簡単に示した。このような栈橋を用いた観測が日本海沿岸のみでなく、太平洋岸や内海においても実施されるようになれば、この方面の研究が非常に進展すると思われるが、帝石栈橋の建設に約3億円も要したことを考えると、観測の目的のみで栈橋をもつということは実現がなかなかむづかしいと思われる。しかし、この方式の観測に将来性があるかどうかは、大瀧波浪観測所の成果いかににかかっているのので、今後大いに観測研究の実を挙げたいと考えている。

最後に、この研究をすすめるにあたり、帝国石油KK頸城鉱業所の方々には絶大な御援助をいただき、また、資料の整理や計算に際しては、人見哲夫技官に大いに助力をいただいた。ここに心から感謝する次第である。なお、この研究は文部省特別事業費、特別設備費および特定研究費によって行なわれたものであることを付記して謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) Shepard, F.P. and D.L. Inman: Sand Movement on the Shallow Inter-Canyon Shelf at La Jolla, California, B.E.B., Tech. Memo., No. 26, 1951, pp. 1-29.
- 2) 柿沼忠男, 宮井 宏: 波浪スペクトルの変動性について, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概

- 要, 昭39.11, pp. 67—68.
- 3) 岩垣雄一, 柿沼忠男: 長大栈橋を利用した波浪観測について, 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, 昭41.11, pp. 133—134.
 - 4) 岩垣雄一, 樋口明生, 柿沼忠男, 宮井宏: 海岸波浪の周波数分析器による解析, 京大防災研究所年報, 第9号, 昭41. 3, pp. 703—713.
 - 5) 岩垣雄一, 柿沼忠男: 現地海岸の海底摩擦係数について(2), 第13回海岸工学講演会講演集, 昭41. 2, pp. 21—29.