

隆起大環礁上に建設される漁港周辺の波浪特性

WAVE CHARACTERISTICS AROUND THE SITE OF A EXCAVATED-TYPE FISHING PORT
CONSTRUCTED ON THE CORAL REEF ISLAND

津嘉山正光*・仲座栄三* 安里和政**・砂川恵輝***

Seikoh TSUKAYAMA, Eizo NAKAZA, Kazumasa ASATO, Keiki SUNAGAWA

ABSTRACT

Minami-Daito fishing port is the under construction from last three years. The port is going to be constructed by excavating the coral reef of Minami-Daito Island which consists of a risen coral reef, having area about 6km long and 5km wide. The maximum excavating depth reaches about 60m.

Heretofore, some attempts were made to construct a fishing port or harbor. However, even those attempts had been ended in a failure due to the invasion of incoming big waves. Therefore, the method mentioned above has been adopted to construct the fishing port.

In this study, experimental and theoretically, the characteristics of waves around the port are discussed. Consequently, it is clarified that the long period wave does important role in phenomena at inner side of the port.

KEYWORDS: excavated-type fishing port, coral reef, long period oscillation, seiche

1. はじめに

南大東島及び北大東島は、沖縄本島から東に約400Km離れた太平洋上の孤島である。これらの島は、直径約5km・周囲約20Km程度であり、環状に成長した古代サンゴ礁が隆起したものである。島は、海底2000mからいっきにきのこ状に立ち上がったものであり、外周は平均海面上約30~50mの断崖に囲まれている。

太平洋上に浮かぶこうした孤島における港の建設は、地方漁港・港湾の域を越えて、南太平洋の船舶に対する緊急避難港としての利用の面からも急がれる。また、この島から400km内外に避難港として利用出来る港湾・漁港はなく、この漁港建設は南太平洋開発に対する大きな一歩とも言える。この島には、地形の特殊性と強大な来襲波浪とから生じる技術的な困難性の為に、今日まで荒天時にも利用し得るような港は、その建設が阻まれてきた。

このような状況下、サンゴ礁を現地盤高さから深さ60mも掘削する彫り込み式の漁港建設が計画・実施されつつある。これが南大東漁港である。

本論文は、この漁港の特殊性について詳述すると共に、来襲波浪に対して行われた数値計算及びモデル実験結果を基に、この漁港周辺の波浪特性について検討したものである。

2. 南大東島及び漁港の概略

図-1に大東諸島の位置図を示す。大東諸島は、沖縄本島から約400Km離れた太平洋上にあり、北大東島、南大東島及び沖大東島の3つの島からなる。この中でも南大東島が最も大きく、大東諸島の主島となっている。図-2に南大東漁港建設位置の海底断面図を示す。図示のとおり、島の周りの海底勾配は極めて急峻で平均海底勾配は1/1~1/2である。漁港建設位置付近のごく狭い範囲でのみ平均海底勾配1/5程度の陸地を有している。昔から大東諸島海域は好漁場として知られており、他県の大型漁船による操業を目の辺りにして出漁出来ず、海岸で立ちつくす漁師を良く見かける。しかし、たとえ大漁となったとしても、冷凍船などが入港し得る港がないためその大半が島内消費となる。はじめに述べたとおり、これらの島々には漁船等を係留しておける港は無く、漁船は陸上のクレーン車で上げおろししているのが現状である(写真-1)。しかし、もっと深刻なのは、通常の港湾としての機能を有する港が無いことであり、人・物資ともに陸上からのクレーン車による作業に頼っている(写真-2)。そのため、台風時は勿論、季節風時の荒天時にも接岸が出来ず、船舶が島の周りを旋回している光景も珍しくない。港湾・漁港建設は島民が移住このかた願ひ続けた夢と言える。

図-2に南大東漁港の概略図を示す。図示のとおり、南大東漁港は最大掘削深さが60mにも達し、平均掘削深さは約40mである。南大東島はサンゴ礁(環礁)が隆起したものであり、最近の研究によれば赤道付近で誕生した後、

* 正会員 琉球大学工学部土木工学科 (〒903-01, 沖縄県西原町千原1番地)
 ** 正会員 沖縄県農林水産部南部農林事務所
 *** 海岸環境調査研究所

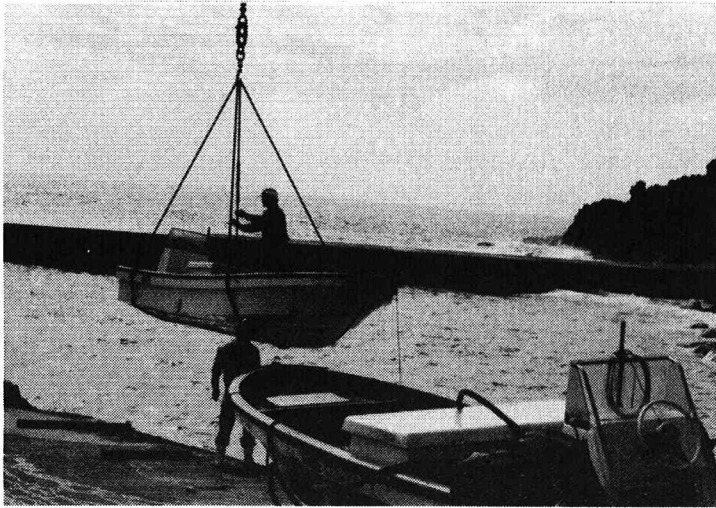


写真-1 クレーン車による漁船の上げ降ろし作業風景



写真-2 クレーン車による荷役作業風景

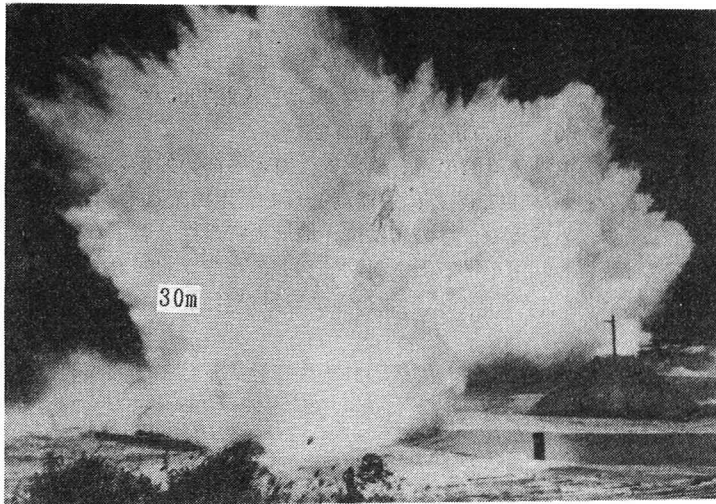


写真-3 南大東島西港を襲う波の越波状況，“波の華”

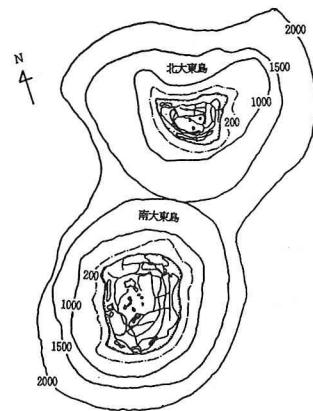


図-1 大東諸島の位置図及び深浅図

環礁となってプレートに乗り北進しながら沈降し、約100万年前に隆起が始まり現在の島になったと言われており、島全体が平均強度 700Kg/cm^2 の大東石灰岩からなる。そのため、掘削作業は硬岩との闘いと言える。

「なぜ掘削式の漁港が選択されたのか？」これは、先ず第一に海岸の地形の特殊性にあり、次に来襲波の強大さにあると言える。すなわち、海岸の近傍でも島の周りの平均海底勾配は $1/2$ 以上であり、海岸から沖に数十m離れたところで水深が数百mとなるところが多く、海岸線から沖側に漁港を建設する程の土台が無いことである。また、大東島地方は台風の常襲地帯となっており、台風からの“うねり”は殆ど減衰することなしに直接海崖に衝突する。台風による来襲波の壮大さは「島を揺るがす」程のものとしてNHK特集で放送されたこともあり広く知られるところである。写真-3に、南大東島西港を襲う波の越波状況を示す。

漁港に対する設計波として沖縄県は、沖縄総合事務局が行った波浪推算報告書(1978)を参考に、50年確率波として沖波波高9m、周期11s、波向Nを採用している。しかし、筆者らは新たに波浪推算(エネルギー法)を行い、最大風速50m/s、風域300Km程度の台風(南大東島で史上第3位の風速記録を残した台風T8613規模のものを想定)が大東島を東から西方向に直撃した場合、有義波波高11m、有義波周期15sとなることを得た。この値からすると、設計沖波は若干低めの値と言える。

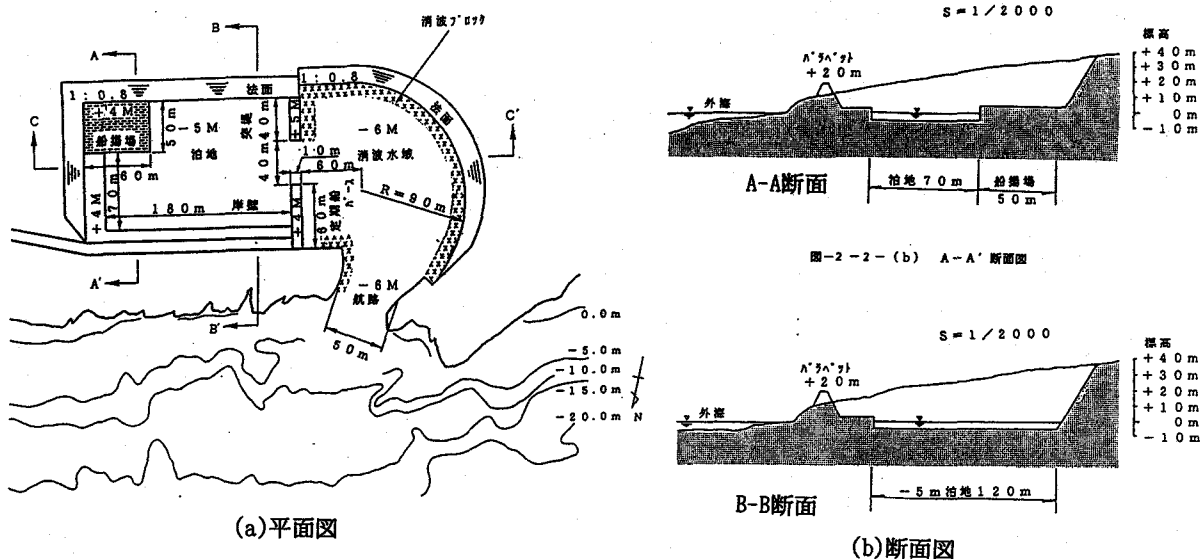


図-2 南大東漁港の平面図及び断面図

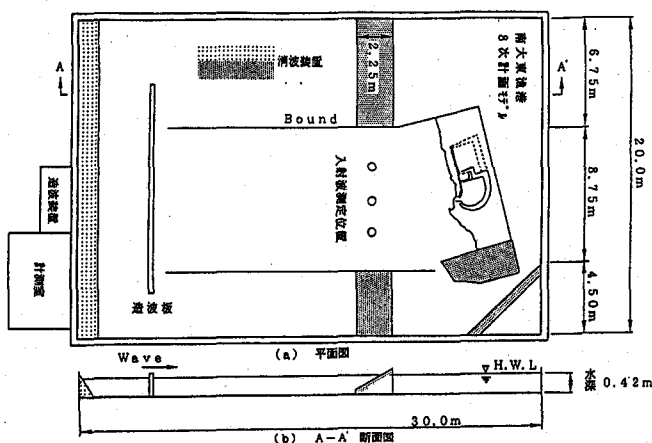


図-3 実験装置概要図

3. 波の静穏度に関する実験結果及び考察

水槽実験は、琉球大学工学部の長さ30m、幅20mの不規則波造波平面水槽を用いて行った。図-3に実験に用いた漁港周辺のモデルの概要を示す。模型縮尺は1/100であり、水深は50m以浅が再現されており、海岸線延長は約900mに対応する範囲を考慮した。南大東漁港は、港口を有する操船水域と内防波堤を隔てた泊地とからなる。操船水域には掘削斜面からの反射を抑えるため消波ブロックを設置するものとした。

図-4に、有義波波高3.0m、有義波周期7.0sの入射波に対する港内外の波高分布（有義波）を示す。図示のとおり、泊地内では有義波波高が0.5m以下となっており、十分所要の港内静穏度を満足している。また、操船水域でも港口付近を除けば1m以下となっており、この程度の規模の来襲波に対しては、このモデル形状で十分静穏な漁港と言える。図-5は、波高5m、周期8sの入射波に対する有義波の分布である。この場合も、泊地内は十分静穏な状態と言える。図-6は、台風時を想定した場合の波高9m、周期11sの入射波に対する有義波の分布である。この場合、泊地内の船揚場付近で波高が0.5m以下となっている所を除けば、全体的に1.0mとなっており、有義波波高で0.5m以下となることが望ましいとする静穏条件を満足しない。また、操船水域内に設けられた岸壁では、波高が1.5m～2.5mとなっており、この漁港形状では、大型漁船の避難港としての機能を果たし得ないことになる。

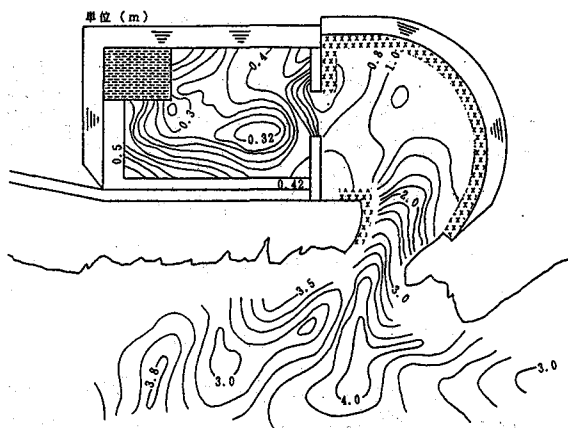


図-4 有義波波高の分布 ($H_{1/3}=3.0\text{m}$, $T_{1/3}=7.0\text{s}$)

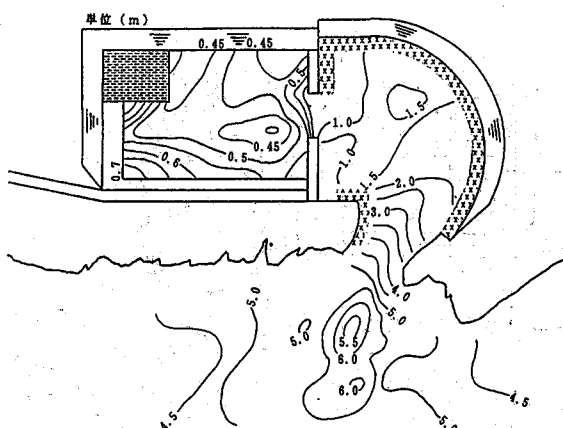


図-5 有義波波高の分布 ($H_{1/3}=5.0\text{m}$, $T_{1/3}=8.0\text{s}$)

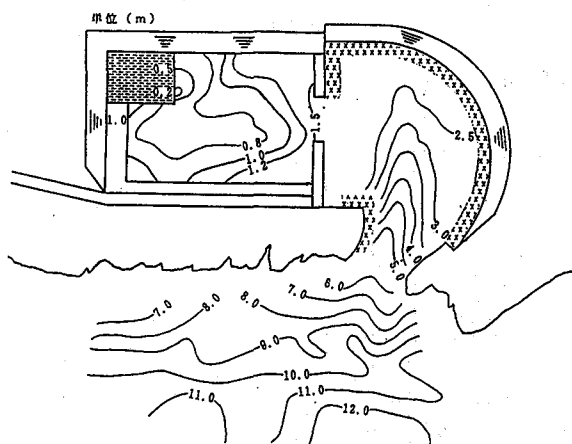


図-6 有義波波高の分布 ($H_{1/3}=9.0\text{m}$, $T_{1/3}=11.0\text{s}$)

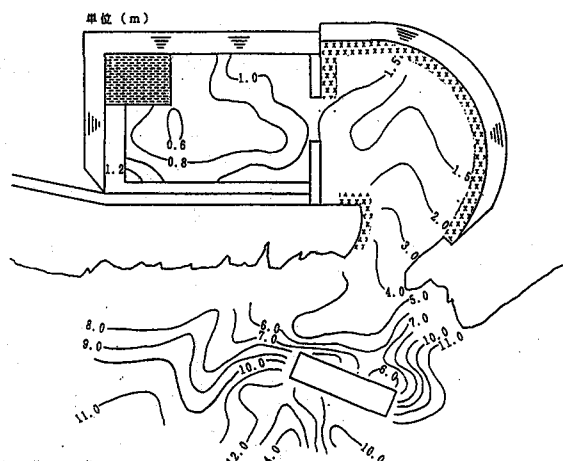


図-7 有義波波高の分布 ($H_{1/3}=9.0\text{m}$, $T_{1/3}=11.0\text{s}$)

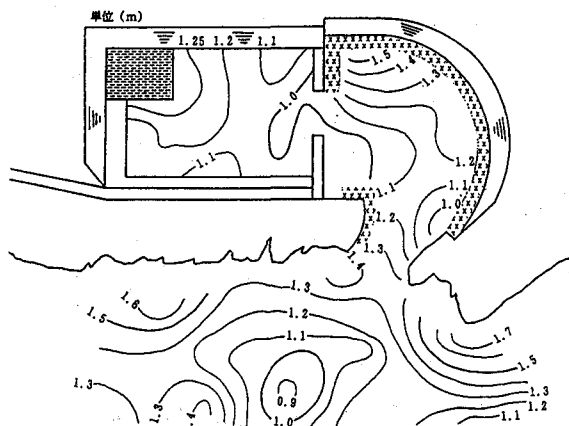


図-8 静振の波高分布 (有義波,
 $H_{1/3}=9.0\text{m}$, $T_{1/3}=11.0\text{s}$)

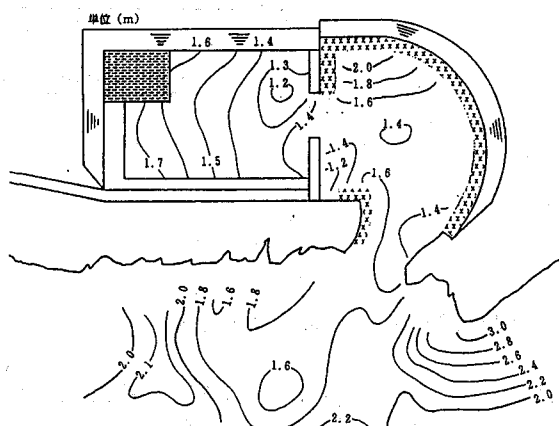


図-9 静振の波高分布 (最大波, $H_{1/3}=9.0\text{m}$, $T_{1/3}=11.0\text{s}$)

図-7は、港口前面に長さ100mの一字堤を設置した場合の結果（入射波高9.0m，周期11s）である。この場合、図-6に示す結果に比較して約7割程度も波高を落とせることが分かったが、やはりこの場合でも操船水域内では波高が比較的高くなっている。大型漁船等を含めた避難港としての機能を十分果たすには、防波堤をさらに延長するか、もしくは何らかの対策を取らなければならない。しかし、ここで設定した防波堤建設位置は水深が平均20m程度の位置であり、しかもそのわずかに数十m沖側で急激に落ち込む海底に接続している。現在の技術力でこの程度の防波堤を果たして建設し得るか？ このことが今後の重要な検討課題である。現在、波高計設置のための潜水作業と浚渫作業が進められているが、深海から突如として現れる大波高の来襲波にその作業も脅かされ、困難を極めている。

図-8及び9に、長周期波（副振動）の有義波と最大波高の分布を示す。この結果は港内で、平均海面が長周期振動に伴い約1.0～1.7mも上昇することを示している。個々波の場合と異なり、長周期振動に伴う水位上昇は、数分間継続することになり、最大波の一波現象が十分問題となり得る。図-10に、長周期振動に伴う流速が港内の防波堤間で泊地向きに最大となる時間における流速ベクトルを示す。図示のとおり、長周期振動に伴い、港内では最大で約4m/sにも達する流速が発生している。また、この流速により防波堤先端からは大規模な渦対が吐き出される。しかし、ここで示した結果は水槽実験結果であり、水槽側壁や造波板による多重反射波の影響が入っているものと考えられ、ここで得られた値を現地適用するにはその点を十分検討しなければならない。

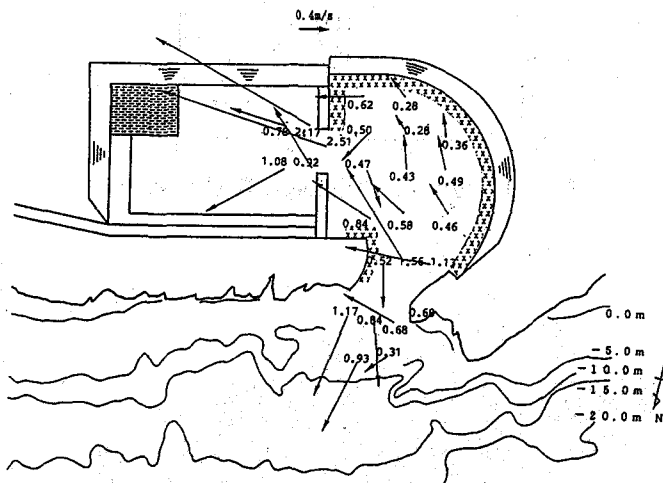


図-10 静振に伴う流速

4. 港内静振の数値計算

図-11に、実験で得られた泊地内の港奥部（図-3にP1で示す位置）における水位変動のパワースペクトルを示す。図示のとおり、スペクトルには周期30秒以上の長周期波に対応する周波数帯で3つのピークが見られる。このスペクトルのピークは港内の静振が港の固有周期付近で共振していることを示唆している。また、この場合、港内静振を引き起こす強制外力としては、来襲波の波高の時間的な変動に伴う波のRadiation Stressの時間的な変動が主なるものと言える（Symonds and Bowen, 1984；日野ら, 1988）。

以下では、来襲波の波群周期を図-11のスペクトルの低周波側から第1ピークと第3ピークに対応する周期に対応させて310秒及び38秒とし、平均波高6m、波高の変調率が50%として、港内外の長周期波の数値計算を試みる。計算に用いる基礎式は、線形長波の基礎式に波のRadiation Stressのを追加したものである。数値計算の詳細は、仲座ら(1993)に詳しいので、ここでは省略することとする。

図-12は、数値計算によって得られた水位変動のr.m.s. 振幅の分布を示す鳥瞰図である。泊地内では静振の一次モードの振動が発生している。特に、汀線付近では、地形性の効果によって重複長周期波がトラップされ異常に大きな振幅と成っている（こうした汀線付近のトラップ現象に関しても仲座(1993)に詳しい）。

図-13は、波群周期が310sの場合の波高分布である。この場合は、港内全体が盛り上がるモードに対応しており、汀線付近におけるトラッピング現象はかなり小さくなっている。これらの数値計算結果は、先に示した実験値と定性的に一致している。汀線付近での長周期波のトラップ現象は現地観測値でも確認されているが、この事に関しては別の機会に報告したい。

5. おわりに

本論文では、まずサンゴ礁を深さ60mも掘削して建設される世界的にも珍しい南大東漁港の特殊性について述べた。このなかでは南大東諸島の住民が抱える孤島が故の苦難や島の地形の特殊性を説明すると共に、漁港形式として「影り込み式漁港」が選択された経緯などについて触れた。次に、水槽実験結果を基にして漁港周辺の波の特性について説明した。その中で、計画されている漁港形状は、個々波の静穏度に対しては所要の条件を十分満足すること、しかし長周期波や静振の波高は有義波で1m以上にもなり、台風時など異常波浪時には漁港に漁船等を直接係留し得ない可能性があることなどを明らかにした。また、数値計算により、来襲波の碎波によって引き起こされる長周期波及び静振の検討を行った。

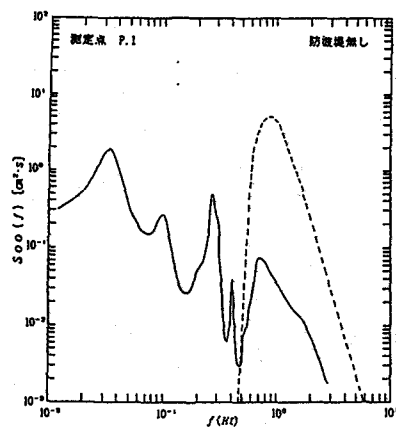


図-1 1 港内水位の周波数応答 (測点P.1)

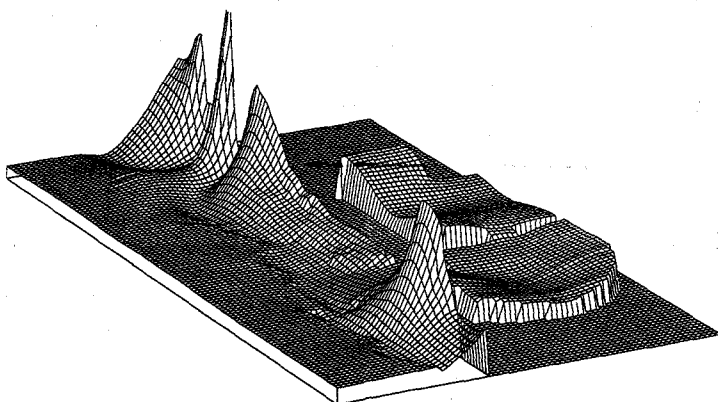


図-1 2 長周期波の波高 (r.m.s. 値) の分布 (波群周期 $T_g=38.0s$)

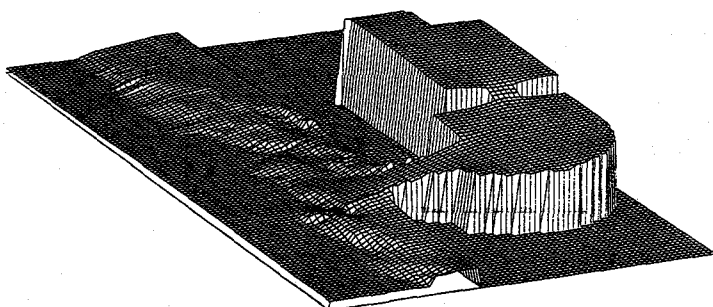


図-1 3 長周期波の波高 (r.m.s. 値) の分布 (波群周期 $T_g=310.0s$)

謝辞

本論文で説明した実験は、沖縄県農林水産部及び(財)漁港漁村建設技術研究所からの委託として琉大工学部水工学研究室で行われたものである。当時検討委員会のメンバーであった琉大工学部教授上原方成・理学部教授黒田登美雄・東大工学部教授磯部雅彦・水産工学研究所山本正昭先生には多大なるご指導・助言を頂いた。また、実験に際しては、琉大工学部技官宇座俊吉に多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 沖縄総合事務局(1978):那覇・宮古島・石垣島における波浪推算報告書。
 沖縄県農林水産部漁港課(1990):南大東漁港水域施設調査委託報告書。
 目崎和茂(1988):南東の地形, 沖縄出版, P.158。
 仲座栄三・津嘉山正光・田中聡(1993):碎波帯内における長周期波のトラッピングの数値計算, 琉球大学工学部紀要, 第46巻。
 日野幹雄・仲座栄三・與那覇健次(1988):波群によって引き起こされるBore状サに関する研究, 第35回海岸工学講演会論文集, pp.197-201。
 Symonds, G. and Bowen, A.J.(1984):Interaction of nearshore bars with incoming wave groups, J.G.R., Vol.89, NO.C2, pp.1953-1959。