

琉球大学学術リポジトリ

沿岸域開発における波浪痕跡値の重要性の提起

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2010-02-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 仲座, 栄三, 津嘉山, 正光, 松田, 和人, 与儀, 実和, Nakaza, Eizo, Tsukayama, Seiko, Matsuda, Kazuto, Yogi, Sanekazu メールアドレス: 所属: |
| URL | http://hdl.handle.net/20.500.12000/15874 |

沿岸域開発における波浪痕跡値の重要性の提起

仲 座 栄 三* 津嘉山 正 光*
松 田 和 人** 与 儀 実 和***

An Investigation on Traces of Wave Run-Up and
Lashed-up Stones by Sea Waves on Reef Coasts

Eizo NAKAZA, Seiko TSUKAYAMA,
Kazuto MATSUDA and Sanekazu YOGI

Abstract

In this paper, the authors propose the importance of estimation of mean sea water level and wave run-up from wave traces for the development of an area along the coast, and incidentally, touch on the process which hit upon this new study.

Main conclusions of this paper are summarized as follows;

1. From the field observation, the set-up of mean sea level in the observed sea coasts by typhoon were ensured.
2. It is clarified that the observed traces of wave run-up make us to estimate the wave forces acting on the sea shore.
3. The forces which lashed up the stones on the sea coast seem to be caused by the bore-like surf beat.
4. The importance of accumulation of such data mentioned in this paper is pointed out from coastal engineering view point.

Key Words: Wave-Trace, Mean Sea Level, Surf-beat, wave force.

1. はじめに

「台風の日次の日、海辺へ出てみるとそこには期待した大波はなく、ただ砂浜に打ち上げられたゴミの山があるのみであった」こうした経験は、たいていの人が持っているのかも知れない。

本研究は、台風通過後のゴミの山（波の痕跡）を

調べることによって、台風時の波がどのようにして打ち寄せたのか、またその流体力はいか程のものであったかを推定するものである。

こうした波の痕跡から波に関する何等かの情報を得ることができると言うのは“コロンブスの卵”であって、海岸技術者の誰しもが一度は思ったに違いない。しかしながら、筆者の知る限りにおいて、痕

本論文の一部は、第35回海岸工学講演会論文集にて発表済み。

* 琉球大学工学部土木工学科

Dept. of Civil Engineering, Fac. of Eng.

** 琉球大学大学院工学研究科建設工学専攻

Graduate Student, Construction Engineering.

*** 琉球大学工学部土木工学科4年次学生

Under Graduate Student.

跡値から波の情報を得るという統一的な研究は未だなされていないように思える。ここでは本研究の着想（研究のきっかけ）について簡単に述べることにする。^(注1)

1988年10月6日、筆者らは、沖縄県南部・糸満市の大度海岸にある沖縄気象台沖波観測小屋にて、台風T8824に伴う波浪の観測を行うことになった。

午前9時、リーフ上の水深は約0.8m程度である。台風からの“うねり”によって、今回観測の対象としたBore状のSurf-beatが間欠的に来襲している。連れの学生達は初めてみるBore状Surf-beatに感動し、ただオー！オー！と叫ぶだけである。

数時間観測を行った後、最大干潮時（11時）に昼食をとることにした。昨日からの連続した観測のため全員が疲れきっている。

午後3時30分、まだ満潮時には時間があり、30分間車の中で休むことにした。目を閉じたかと思いきなり鳴りだす目覚ましの音。「時間だ！」急いで現地観測の定位置へ向かう。「なんと！」信じられない所に水位の痕跡（後の調査でC.D.L.+7.0mの高さと分かる）が残されている。すすきが倒れ、小石・木切れが散乱している。「しまった！逃がしてしまった！」まさに、筆者らが待っていた+7.0mにもおよぶ異常な水位の上昇の痕跡であった。

筆者らは、また来襲するであろう大規模Surf-beatを捉えるためまず観測位置を探すことにした。高さ30m程度の岸壁の下にある直径が約3mの自然の洞窟の中、丁度いい具合に砕波点から汀線までが見通せる場所を見つけた。そこにカメラをセットし、突如として吹き込む突風を避けるようにうずくまりながら次の大波を待った。

何分たったのだろうか？ある考えがふと頭に浮かんだ。「ん！もしかして？そうだ痕跡だ！これだ!!」台風通過後、波の痕跡を調べれば海岸に来襲した波の情報が得られるのではないだろうか？……。海岸に打ち上げられた流木・流石を調べればそれから汀線近傍の波の流体力あるいは最大遡上高を得ることができるのではないだろうか？……。

台風時の沖波を測定することは、一般に困難である。しかしながら、台風通過後の波の痕跡を調べる

ことは比較的容易な作業である。

波の痕跡を調べるためには、台風通過後、まず海岸線を調査しなければならない。しかも、台風通過後一番に、誰もまだ海岸に出ない内に（人の手が波の痕跡にふれない間に）調査を終えなければならない。

翌日早朝、調査は糸満市米須海岸から始めることになった。「あった！」。

真っ白な砂浜に波の痕跡（大量の海藻類、打ち上げられた流木・流石等）がまわりの光景と不釣り合いに存在している。「2列だ！」砂浜に約20m間隔で二つの痕跡が平行に並んでいる。

「一番上のが昨日17時の満潮時頃のもので、下のが昨夜の満潮時頃のものだ！……」学生に説明しながらも興奮気味である。

当海岸には直径が20cm程度の流石が無数に打ち上げられていた。こうして、踊るような思いで調査は続けられた。

本研究においては、台風通過後海岸に残された波の足跡（波の置き手紙？）を調べることによって汀線近傍の波の流体力あるいは最大遡上高等の情報を得ようとするものであり、波の痕跡値と従来の研究から得られる計算値とを比較し、両者の隔たりを示すことによって、従来の沖波の情報のみを用いた沿岸開発計画や海岸構造物の設計に疑問を投げ、波の痕跡に関するデータを保存することの重要性を提案して行く。

2. 波浪災害及び波浪痕跡の調査方法

波の痕跡の調査は、台風T8824が沖縄本島近海を通過直後（1988年10月7日）と過去約5年以内に発生した台風の痕跡を対象として1988年10月に行われた。

(1) 調査対象海岸

本研究で調査対象とした海岸は、台風に伴う波浪で被災した経験を持つ海岸、あるいは過去5年間人の手が加えられていない（人工海岸構造物等が造られていない）海岸である。被災経験を持つ海岸としては、沖縄県南部（具志頭村）の港川漁港一帯、国頭村楚洲海岸及び伊平屋村前泊・島尻海岸が選ばれた。また、人の手が加えられていない海岸としては、先ず人口の少ない離島あるいは沖縄本島北部東海岸

注1) 研究の着想についての話しは、日野幹雄先生の論文から大きな影響を受けたことによる。

一帯が有力候補地となり、久高島、津堅島及び沖縄本島南部の新原ビーチ、北部の汀間、安部海岸が選ばれた(図-5参照)。

上述の海岸は、いずれも礁原水深が2.0m程度、長さが約500mのリーフ地形海岸である。

(2) 調査対象期間内に発生した台風

図-1は、本研究で対象とした期間(1983~1988年)に発生し、沖縄本島沿岸に影響を及ぼした主な台風の経路図である。これらの台風は、フィリピン東海上で発生し、ゆっくりとその勢力を増しながら沖縄本島に接近し、沖縄本島近海を通過後一気に北上した典型的な大型台風である。

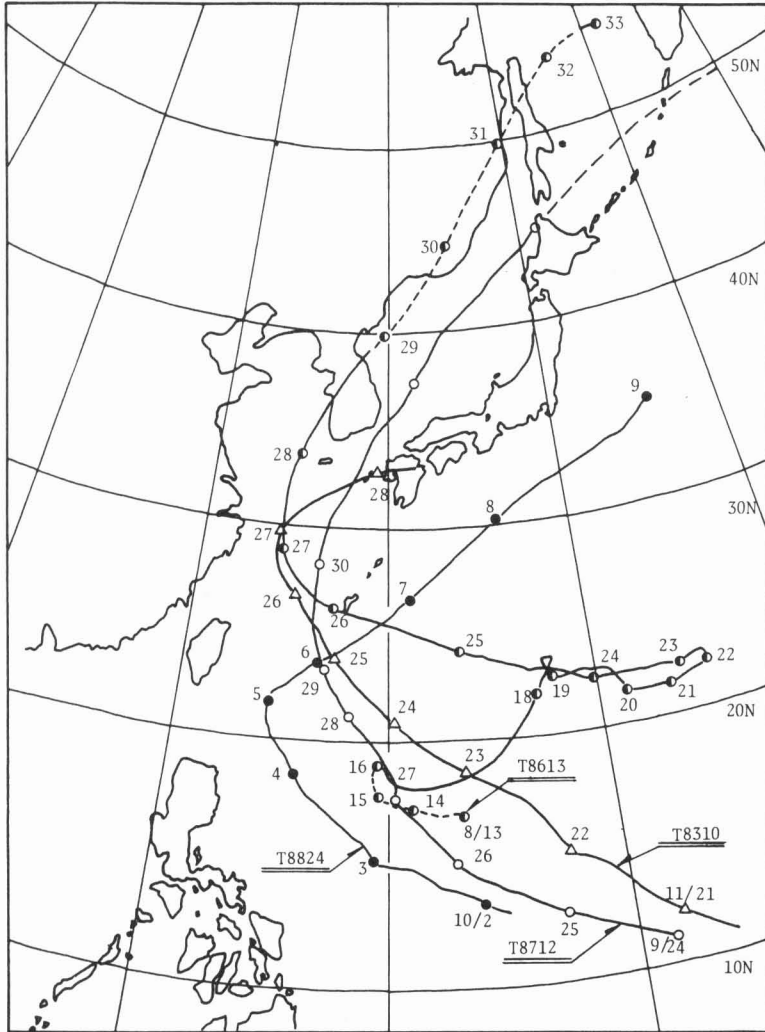


図-1 台風経路図

1983年の台風10号に伴う異常波浪は、有義波波高で6.0m程度であり、同月25日23時には約11.5mにも達している。同台風は、沖縄本島南部の港川漁港に

異常な(?)水位の上昇(痕跡値は、C. D. L.+7.2 mに確認;以下C. D. L.は省略する)をもたらした。

台風T8613は、1986年夏、沖縄全域で深刻な干ば

つが続けていたおりの雨台風として歓迎された。しかしながら、迷走に迷走を重ねた台風13号は、25年ぶりの大型台風となって沖縄本島に接近、南大東島で最大瞬間風速53.5メートルを記録し、島全体を揺るがしながら沖縄本島南部を真横に通過後北上した。

台風T8613に伴う波浪は、各地で大災害をもたらした。例えば、沖縄本島北西にある伊平屋島及び伊是名島の防波堤に甚大な災害をもたらし、本島北部の楚洲海岸では、護岸の倒壊、道路の決壊、さらには+7.5mにも及ぶ水位の上昇をもたらした。

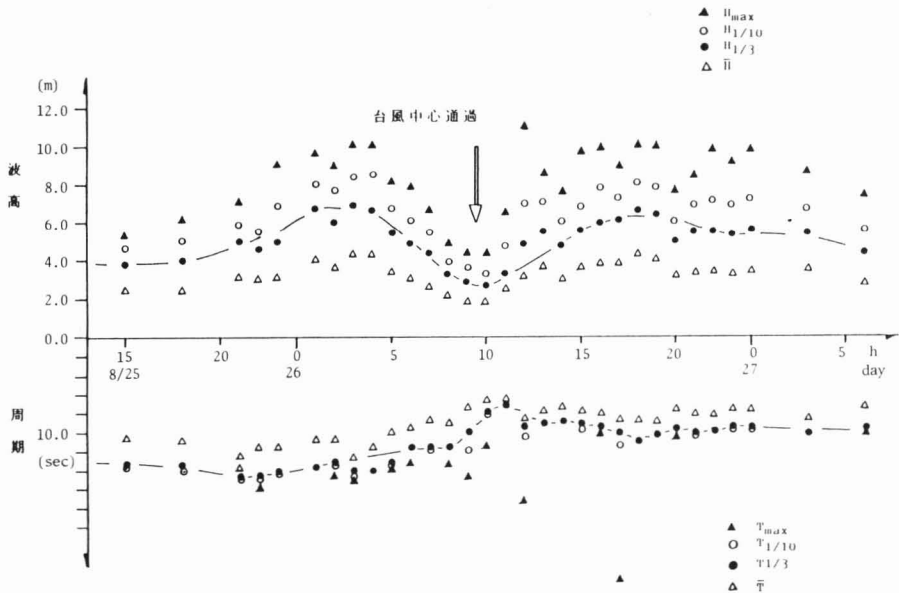


図-2 T8613に伴う波浪の波高及び周期の経時変化

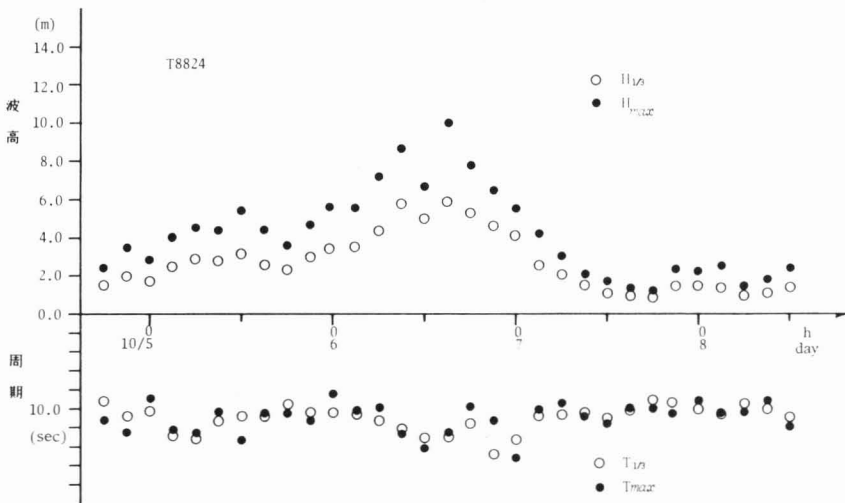


図-3 T8824に伴う波浪の波高及び周期の経時変化

図-2, 3は, 台風T8613及び台風T8824に伴う波浪の経時変化を示している。特にT8613は, 25年ぶり(台風の目が本島を通過するのは16年ぶり)の大型台風であり, 極めて貴重な波浪データである。一方, 図-3は, 台風の中心が南海上から沖縄本島近海を通過・北上する場合の典型的な波浪データである。

図-2及び図-3に示すように, 台風T8613及び台風T8824に伴う波浪の経時変化のパターンは, 両台風の経路の違いによって大きく異なっている。しかしながら, 波浪特性値の統計量(例えば, 有義波波高の大きさ)については, 両者共にほぼ同じ値である。

(3) 波浪痕跡の調査方法

台風T8824後の糸満市・米須海岸の調査は, 同台風が沖縄本島通過後直ちに行われたので, 波浪痕跡の確認は比較的容易であった。しかしながら, 久高島と沖縄本島北部の海岸の調査は, 台風通過後一週間たってから行われたため, 海浜あるいは岸壁の上に打ち上げられた流木・流石等数多くの痕跡を, 台風T8824によるものとそれ以外の過去5年内に発生した台風による痕跡とに区別するのに困難が伴った。

本研究においては, こうした複数の波浪痕跡を下記の確認を行うことによって, 台風T8824に伴うものとそれ以前の台風によるものとに区分した。

- ① 台風T8824に伴う波の痕跡は, 打ち上げられた海藻類がまだ新しく磯の香り(匂い)がする, あるいは塩気(味)がすることの確認。

流木・流石については, 砂浜に生えている浜昼顔等の草の上に乗っているか, あるいは周りの草木がそれによって傷つけられているかの確認。

- ② 過去約5年内に発生した台風に伴う波の痕跡は, 海藻類などの腐食状態の確認。

流木・流石については, 流石表面の色の変化(海中からもぎ取られ水面上へ打ち上げられたサンゴ塊は, 2~3年たつと黒色の地衣に覆われてしまう)あるいはコケ類の確認, 更に周りの植生の状況の確認。

- ③ 調査地点から1km以内の海岸に被災した箇所があれば, そこの被災状況及び被災地点の痕跡との類似性の確認。

- ④ 海岸付近の住民からの聞き取り。

3. 平均海面の最大上昇量及び波の最大遡上高

はじめにも述べたように, 台風に伴う波浪の痕跡を海岸構造物の設計に生かさなければならないという考えは, たいていの海岸技術者らが抱いているようである。しかしながら, こうした波の痕跡に関するデータ(流体力も含めた)を統一的に整理しようとする試みは, 筆者らの知る限りに於いて未だかつてなされていない。また, 当水工学研究室を訪れるベテラン技術者らの多くは, 「どこどこにいくらの水位上昇があったらしい……。しかしながら, これ程までの水位の上昇量を設計等に取り入れる自信はない!」などと話す。

こうした海岸技術者らの不安は, これまでのデータの質的貧弱さ, あるいは従来の研究結果に基づく計算値によって過去の災害がうまく説明できない等の点にある。

以下においては, 台風時の災害調査及び台風通過後の波浪痕跡値調査結果から平均海面の最大上昇量, 波の最大遡上高について検討を行う。

(1) 台風T8824の際発生した海面の最大上昇量

写真-1は, 着想の所で述べた沖縄県南部・糸満市の米須海岸における波の痕跡を示している。写真-1(a)に見られる2列のゴミの帯(波によって打ち上げられた海藻類, サンゴ石の破片・流石及び流木)は, 1988年10月6日15~17時頃の満潮時及び7日2~4時頃の満潮時における波の痕跡である。

図-4は同海岸の平均的な断面を示しており, 図-4及び写真-1(a)において(B), (C)と表示してある位置は, それぞれ写真-1(b), (c)に対応している。

図-4に示す米須海岸は, 満潮時の水深が約1.5m, 礁原の幅が約300m程度の代表的なリーフ地形海岸である。同海岸における波の最大遡上高は, 約+5.0mと推測された。また, 同海岸から2km離れた大度海岸では, 現地観測(10月6日3~4時)によって最大遡上高を+7.0mの位置に確認し, 海面の最大上昇量は約4.5mと推定されている。これに対し, 実際に設計に用いられている計算式による波の最大遡上高は+3.5mとなる⁹⁾(大度海岸において測定された10月6日の最大有義波波高6.0m及び水深2.0mを用いた場合, 汀線近傍の有義波波高が0.7m, 平均海面の上昇量が1.0m及び有義波の2倍を用いた最大波高による波の遡上高が0.5m, 合計+3.5mとなり, 図-

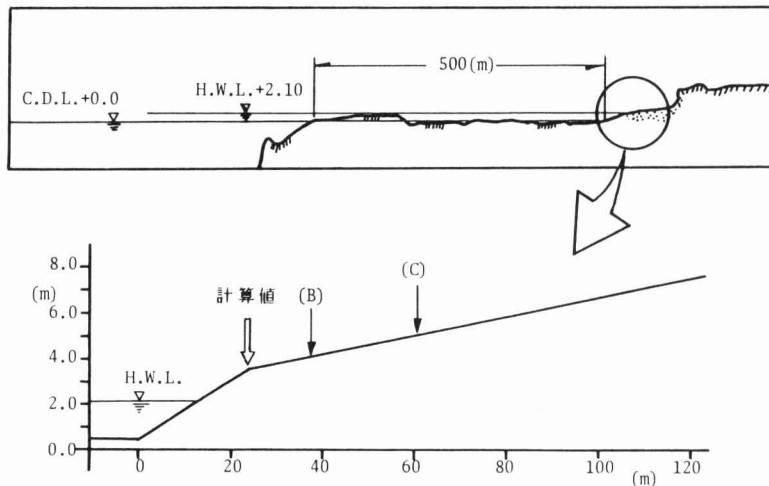


図-4 糸満市米須海岸の平均断面及び T8824 に伴う波浪の最大遡上高

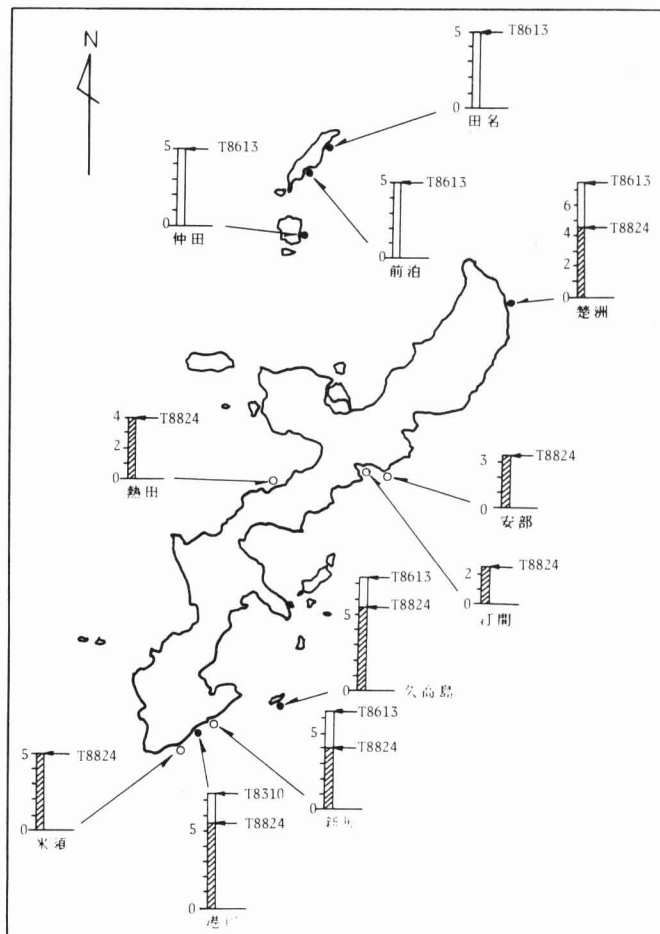


図-5 平均海面の最大上昇量及び波の最大遡上高
(1983~1988年：メートル単位)

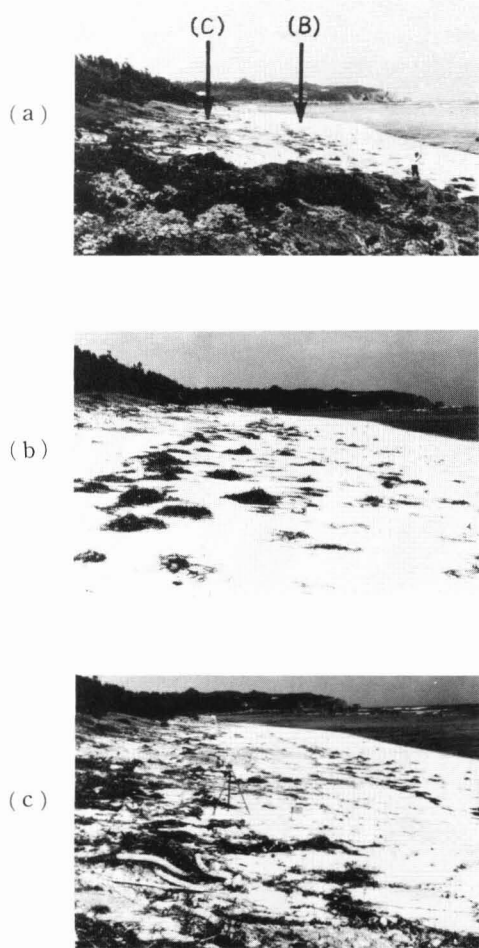


写真-1 糸満市米須海岸における波の痕跡 (T8824, 1988, 10, 19)

4において白抜きの矢印で示す位置になる)。

従って、同海岸の痕跡値+5.0mをこの計算値によって説明することは難しい。

図-5は、1983~1988年に発生した台風に伴う波浪の最大遡上高及び海面の最大上昇量を示している。図中、斜線バーで示す高さは、台風T8824に伴う波浪に関する痕跡値あるいは実測値である。

図-5において、○印は汀線背後が1/10以上の勾配を有する砂浜海岸であり、●印はわずかな砂浜部分を有するが汀線背後に高さ2.0m(天端高+4.0m)

以上の岸壁を有する海岸を示している。即ち、○印の海岸に於けるバーの高さは、波の最大遡上高を示し、●印の海岸のそれは、ほぼ平均海面の最大上昇量を示していると考えられることができる。

なお、図-5において、港川漁港における値は、台風時の現地観測で実際に得られた値であり、その他の海岸の値は、災害調査あるいは波の痕跡から推定されたものである。

図-5に示す値から判断すると、台風T8824に伴う波の最大遡上高あるいは海面の最大上昇量は、沖縄本島南部で5.0~5.5mであり、北部においては3.0~4.5mである。

沖縄本島南部海岸に比較して北部海岸の痕跡値が小さくなっているのは台風経路による来襲波条件の違いと考えられる。すなわち、南部の東海岸においては沖縄本島南海上をゆっくりと北上するT8824からの“うねり”が長時間にわたって直接(島による波の回折等の影響を受けず)来襲したためと考えられる。

(2) 1983~1988年に発生した海面の最大上昇量

図-5における白抜きのバーの高さは、1983~1988年に発生した台風によって引き起こされた海面の最大上昇量を示している。これらの海岸では、久高島を除いて全て異常な水位の上昇によって護岸、道路あるいは防波堤等の災害が発生している。

図-5に示すように、海面の異常な上昇が発生した箇所は殆ど太平洋に面した東海岸に位置している。中でも台風T8613によって、楚洲海岸、伊平屋島及び伊是名島等、本島北部域は甚大な災害を被った。

台風T8613による楚洲海岸の被災状況を伝える地元新聞2社の災害ニュースを資料-1に示した。被災当時、地元住民らは、これまで見たこともない大波(?)に驚き、着のみ着のまま高台へ避難している(詳細は文献7参照)。

図-5によると、1983~1988年間に発生した海面の最大上昇量及び最大遡上高は、沖縄本島全域で+5.0~7.5mとなっている。

現在、沖縄県で一般に用いられているH.H.W.L.は、+3.3m(昭和34年9月、サラ台風による)程度であるから、図-5に示す値は異常な(?)値と言える。しかしながら、これらの値は隣接する海岸でほぼ同じ値となっており、各測定点における数値が特異な現象に対応する値をピックアップした可能性は

楚洲、高波の恐怖まどまど



アスファルトが削られ木片などが散乱する道路。高波に襲われた民家が傷々しい
—国領町警署—、26日午後4時

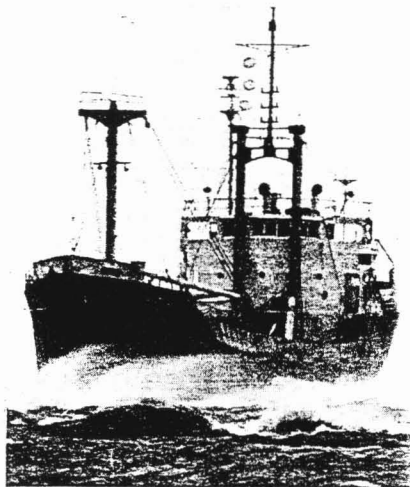
市民生活は終目マヒ

住民、着のみ着のまま避難

護岸壊し、民家襲う

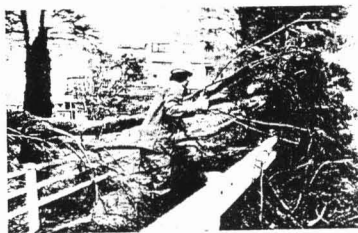
王亮 王求 楽斤 幸反

本誌記者の取材、写真、イラスト、図表、地図、資料、データ、統計、調査、研究、報告、論文、書籍、雑誌、新聞、テレビ、ラジオ、インターネット、その他、あらゆる分野の最新情報をお届けします。



吹浪中で傾斜し、SOSを発信したパナマ船—26日午前6時半

転落、座礁、倒伏 荒れる 台風13号



橋こそ倒されたモクマツ、各地で街路障がなき倒れた一部観音。26日午前8時半

資料—1 T8613による楚洲海岸の被災状況

低いものと考えられる。

従来、海岸構造物が被災すると、これまで見たこともない大波だったとされ、まず設計波の見積りが検討されて来たように思われる。ところで、上述の異常な水位上昇、あるいは海岸構造物の災害を引き起

こした台風は、歴史的な台風であっただろうか？あるいは現在海岸構造物の設計の際の基準となっている50年に1度の大波をもたらす程の強い台風であっただろうか？。

台風T8824の場合、上述のように最大風速が40m/

s, 最低気圧が935mb (1988・10・6) であった。この程度の台風は、毎年のように沖縄本島に接近しており、T8824は1年に1度の割合で発生する台風と言える。

台風T8613の場合は、南大東島で最大瞬間風速53.5m(観測史上3位)を記録した大型台風であった。しかしながら沖縄本島においては、瞬間最大風速50m以上の台風は、昭和25, 31, 32, 34, 36, 41, 44, 61年に発生している(中でも、昭和31年9月31日の台風12号は、瞬間最大風速73.6mを記録している)。

以上述べたように台風T8824及びT8613は、台風の強さでのみ判断すると50年に1度来襲するほどの強い台風とは言えない。すなわち、図-5に示した平均海面の最大上昇量等は、防災上からすれば頻繁に発生する可能性があると考えて良いことになる。

一般に、波浪痕跡値としては、波浪災害箇所に関するデータのみが保存される傾向にある。しかし、災害が発生する箇所は限定された場所であり、こうしたデータ(災害時のみのデータ)に一般性を見いだすことは困難な場合が多い。これに対し、本研究のように、台風通過後、海岸の波浪痕跡を調べる方法をとれば広い範囲で汀線近傍の波を推定することができる。現在行われている海岸構造物の設計においては、ある特別な海岸で測定された沖波の統計量のみを用い、実験式に基づいて汀線近傍の波を推定している。この場合、上述のように従来の方法では、汀線近傍の波を推定することが困難な場合が時として生じるのである。こうした観点からも波浪痕跡値のデータの保存は、沿岸域の高度利用化の進展に伴い益々その必要性が増すものと考えられる。

4. 流木・流石による汀線近傍の波の流体力の推定

以上においては海岸付近の波の痕跡を調べることによって得られる汀線近傍の波の最大遡上高及び海面の最大上昇量等について議論してきた。以下においては、海岸に打ち上げられた流木・流石の大きさ、及びその位置を調べることによって台風時における汀線近傍の波の激しさあるいは流体力の検討を行う。

(1) 海岸に打ち上げられた流木・流石の分布

図-6は、沖縄県南部・知念岬の東方約6kmに位置する久高島のピザ浜を中心とする海岸において、打ち上げられた流木及び流石の分布を示している。

図中○及び●印は、換算直径(球形に換算)がそれぞれ20~50cm及び50cm以上の流石が打ち上げられた位置を示している。また△及び▲印は、直径が20.0cm以上で長さがそれぞれ1.0~2.0m及び2.0m以上の流木の打ち上げ位置を示している。図中の+4.5~5.0mの位置に打ち上げられた○印の流石の殆どが台風T8824の際打ち上げられたものと判断された。

図-7は、図-6に示すA-A'及びB-B'方向の断面図である。また、写真-2は、図-6に①, ②, ③で示した位置に打ち上げられた流木及び流石の散乱状況及びその大きさを示すものである。写真-(b)に示す流木は直径が約60.0cm, 長さが約2.5mであり、+5.5mの高さの位置まで打ち上げられている。写真-(c)に示す流石(サンゴ礁塊)は、直径が約1.0mであるが、+6.5mの高さの位置まで打ち上げられている。台風T8824の際の波浪痕跡値が+5.5m程度であり、+5.0m以上の位置に打ち上げられた流木及び流石は、1987年以降の台風によるものと考えられる(T8824が1988年に沖縄本島に接近した最大の台風であることから判断)。また、周りの植生及び波の痕跡から、図-6に示す流木・流石のほとんどが過去5年以内に打ち上げられたものと推定された。

図-8は、台風T8613の際被災した楚洲海岸における流木・流石の分布を示している。同海岸はT8613時の被災後、汀線から沖側へ約100m程度離れた位置に離岸堤が設置されたため、海岸線は被災当時と大きく異なっている。しかしながら、楚洲海岸北隅部ではわずかにその当時の痕跡が残っており、図-8における流木・流石の分布は、この北隅部海岸で測定されたものである。この図に示す流木・流石は、+3.5~5.0m程度の高さに比較的規則正しく並んでおり、来襲波の様子が今にも浮かび上がってきそうである。楚洲海岸における流木・流石の殆どは、周りの痕跡から判断してT8613の際打ち上げられたものであることが明らかとなった。

ここで示すような流石が打ち上げられている海岸は、いずれも汀線と沖側のリーフ先端部との間に礁池(イノー)のある海岸であり、流石の殆どはイノー中に発達したサンゴ礁が波によってもぎ取られた後打ち上げられたものである。

図-6と図-8を比較した場合、久高島の東海岸に打ち上げられた流木・流石の並びの方が、楚洲海岸のそれにくらべバラツキが大きい。すなわち、久高島の流木・流石は、何回かの台風によって打ち上

げられたものと推定される。別の見方をすれば、久高島の東海岸ではこの程度の流石を打ち上げる程の高波が頻繁に来襲していることになる。

楚洲海岸の場合、海岸線が湾状になっており、湾口は北東方向に向いている。一方、久高島の東海岸は、ほぼ直線海岸でその法線は南東方向に向かっている。沖縄本島に來襲する台風の殆どは、台風経路図に示すように、沖縄本島を南東方向から北西方向へ横切るようなコースをとる。このことから、久高島の東海岸の場合、沖縄本島南海上を北上する台風からの“うねり”が長時間にわたってまともに來襲することになる。一方、楚洲海岸の場合は、T8613のように台風が沖縄本島を東方向から西方向へ真横に横切る場合が最も厳しい波浪条件となる。すなわち、楚洲海岸に大規模な流木・流石をもたらす台風は、おのずと限定されるということになる。

(2) 汀線近傍の波の流体力の推定

球形または円柱形の物体に作用する波の流体力あるいは斜面上の捨石等に作用する波力は、モリソン式やハドソン公式により襲來波の波高と結び付けられている。すなわち、海岸に打ち上げられた流木・流石に作用する流体力を評価することは、これらの流木・流石を移動させるだけの波力をもつ波の波高を知ることと等価である。ここでは、波力の表示式が最も簡単なハドソン公式を用いて、流木・流石を海岸に打ち上げた汀線近傍の波の波高を算出することにする。

例えば、写真-2-(c)で示す流石は、直径が約1.0mである。流石の比重を2.0~2.7とすると、この程度の石を移動させるには、波高が約2.0~3.5m程度の波が存在しなければならない($K_d=1.0$ として計算)。また、この流石は+6.5m程度の高さの位置にあることから、少なくとも+5.5m程度(波の遡上高を考慮して)の位置において波高が2.0m以上の波が存在したことになる。

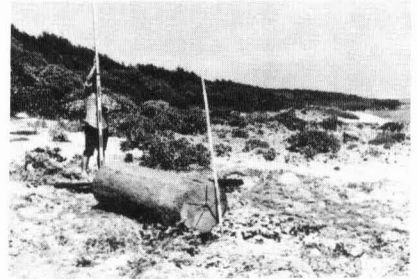
楚洲海岸の場合、護岸の根固めに用いた重さ1.0~2.0tの捨石が高さ+7.5mの位置に打ち上げられており、この場合、高さ約+3.5mの位置(護岸基礎の高さ)において波高3.0m以上の波が存在したことになる。

以上の現象を基に台風時における汀線近傍の波を推定すると、水位が上昇している状態での汀線近傍(水深がほぼゼロとなる所)には波高が2.0m以上も

(a)



(b)



(c)



写真-2 久高島東海岸に打ち上げられた流木および流石

の波が猛烈な勢いで來襲したものと考えられる。また、3. で説明したように、従来の理論を用いた計算値では、平均海面の上昇量は、高々+4.0m程度であるから、例えば写真-2-(c)に示す流石位置を説明するには、計算上の汀線(水深がゼロとなる位置)

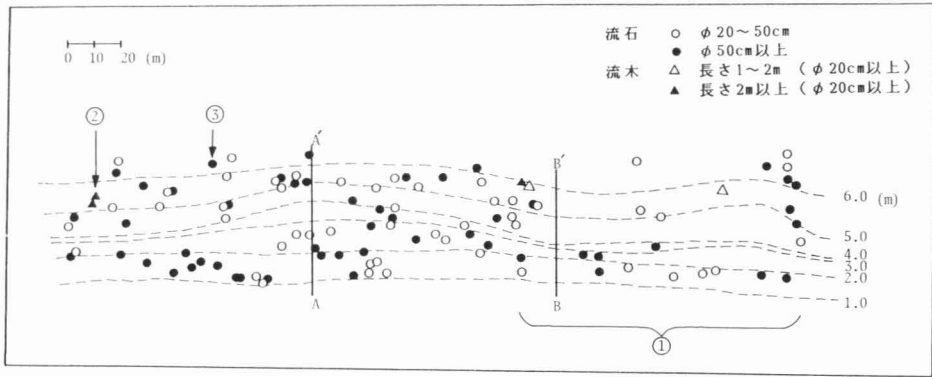


図-6 久高島海岸に打ち上げられた流木・流石の分布 (1988, 10, 23)

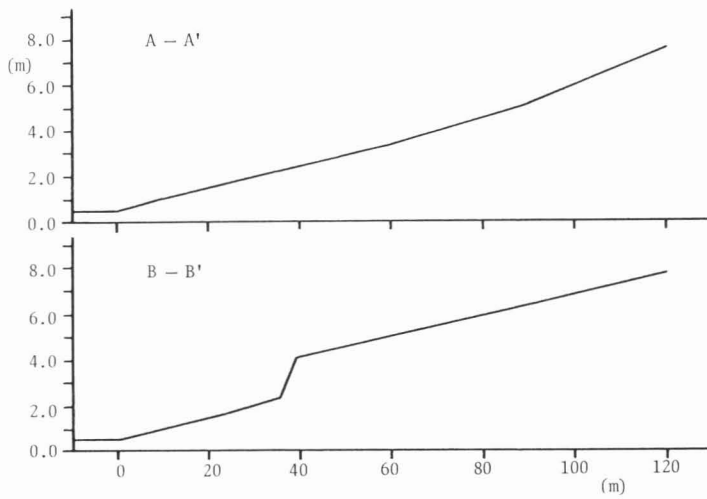


図-7 久高島東海岸の断面図

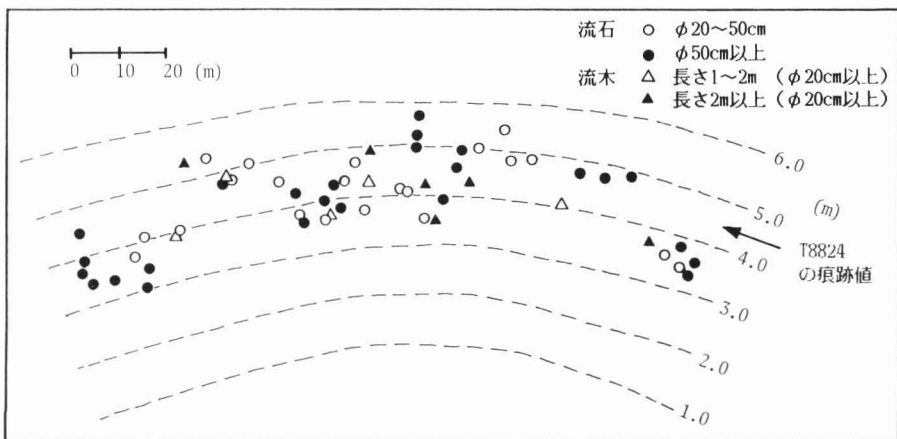
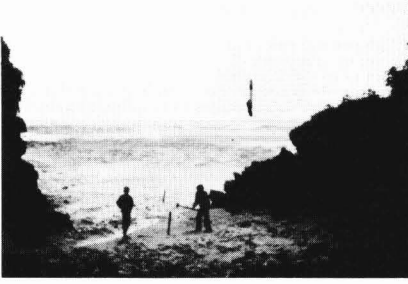


図-8 楚洲海岸に打ち上げられた流木・流石の分布 (1988, 10, 19)

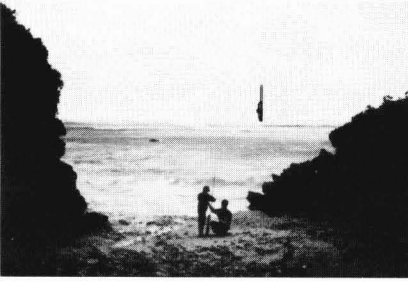
(a)



(e)



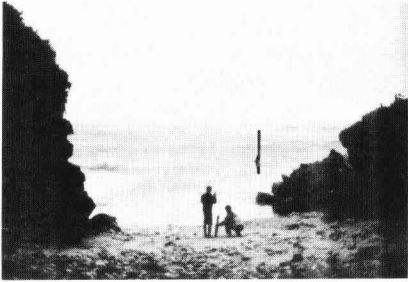
(b)



(f)



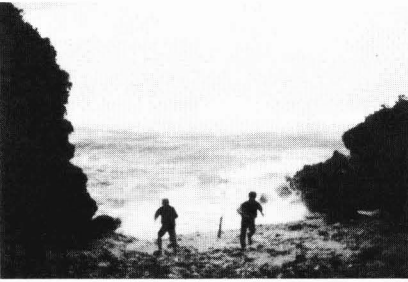
(c)



(g)



(d)



(h)



写真-3 糸満市大度海岸に発生した Bore 状 Surf-beat (波群津波)
(1988. 10. 6 8:00)

で3.0mもの波が存在したことになる。

いずれにしても、水深がゼロとなる汀線では、波の波高もゼロでなければならず、上述の流木・流石の打ち上げ位置の多くは、上記の方法では説明できないことになる。

5. リーフ地形海岸に波群によって引き起こされる Bore 状 Surf-beat による説明

上述したように、台風通過後の波の痕跡あるいは台風災害調査から得られた平均海面の上昇量および流木・流石の打ち上げ高を従来の研究から説明することは困難である。

以下においては、日野・仲座⁹⁾らによって初めて指摘されたリーフ地形海岸に波群によって引き起こされる Bore 状 Surf-beat (波群津波) の概念を用いて上述の水位上昇量及び流木・流石の最大打ち上げ高を説明する。

日野及び筆者ら⁹⁾は、リーフ地形海岸(あるいはステップ型海岸)に波群によって引き起こされる Surf-beat は、その先端付近に激しい流速変動を伴いながら、日本海中部地震津波の際見られたような段波性の津波に酷似した形で来襲することを指摘し、こうした Bore 状 Surf-beat が海岸構造物に及ぼす流体力は個々波の波力を遙かに上回ることを示した。更に、仲座・日野⁹⁾は、リーフ地形海岸における海岸構造物の災害の多くがこの波群津波によって引き起こされていることを示している。

ここでは、まず現地海岸における Bore 状 Surf-beat (波群津波) の実態について説明する。

写真-3は、T8824に伴う波浪によって引き起こされた波群津波を捉えたものであり、波群津波が汀線に向かって猛烈な勢いで来襲し、その後引いて行くまでの約6分間を示している(1988年10月6日8時)。

台風時における波群津波の現地観測は、写真-(a)に示すように、海岸線に垂直に立てた2本のポールと岸壁の高さを基準にして測定された。写真に示す糸満市・大度海岸には、平均して約10分程度の波群津波が発生しており、ポールを立てる作業は引き波時の約2分間に終えなければならない(写真-(a)~(c))。ポールを持っている者が沖から来襲する波群津波の接近を見張りながら作業は進められる。波群津波が約10.0mまで迫って来たら一斉に逃げ出さな

ければならない(写真-(d)~(h))。

写真-3に示す矢印は、波群津波のフロント付近を示している。写真-3に示した波群津波は小規模のものであり、その波高は約2.5mであった(最大遡上高約4.5m)。

一方、大度海岸において観測された波群津波の最大波高は約3.5mであり、最大遡上高は、約7.0mを記録している(6日15時55分)。また、同海岸から6.5km離れた港川漁港では、17時45分に最大波高4.0mの波群津波が観測された。

筆者らのこれまでの実験結果によると、波群津波は来襲波群の周期と海岸に形成される定常長周期波の固有周期とが一致する場合に、共振現象によって最大となり、その汀線近傍における波高は来襲波群の平均波高の約6~8割にも達することが分かっている。例えば、波群中の平均波高(観測時間内の平均とは異なる)を10.0m程度とすると、波群津波の波高は8.0mにも達することになる。実際には、波群津波の上に波高2.0m程度の個々波が乗っていること、また定常的な wave set-up が存在するので、見かけ上の海面の高さは10mを越える。

文献(9)で明らかにしたように、波群津波の衝突波力は個々波の波力を遙かに上回り、楚洲海岸で見られた様な重さが2t級の根固め捨石を+7.5mまで打ち上げることも可能と考えられる。すなわち、上述した海面の異常な上昇量、あるいは高さ+7.5mの位置に打ち上げられた1~2t級の流石はいずれもリーフ地形海岸に波群によって引き起こされた Bore 状 Surf-beat が原因と考えれば無理なくその発生を説明できる。



写真-4 糸満市米須海岸に打ち上げられた流石 (T8824, 1988, 10, 7)

写真-4は、米須海岸の砂浜上に打ち上げられたおびただしい数の流石を示している（その大きさが10～20cmであるため上述の流石分布図にはカウントされていない）。現地の流石の状況から判断して、当海岸の波群津波は土石流のごとく来襲したことが想像される。また、大度海岸における現地観測においても波群津波の先端付近にはこうした流石が大量に含まれていることが認められており、これは今回の調査における大きな発見でもあった。

6. おわりに

本論文においては、まず本研究の着想について述べた。更に、台風通過後の波の痕跡を調査することによって、台風時汀線近傍に来襲した波、あるいはSurf-beatに関する情報を得ることができることを示した。更に、こうした波の痕跡に関するデータは沖波のデータと同様、今後の沿岸開発に対し貴重な資料と成り得ることを指摘した。また、本論文で触れることができなかつたが、沿岸地域の住民（特に長老）からの聞き取りによる歴史大波に関する（消え行く）情報の保存は、海岸技術者にとって急務といえる。

最近、沿岸域のリゾート開発あるいはウォーターフロント開発熱の高まりと共に、陸域と水域との接点いわゆるウォーターフロントが重要視されるようになった。これまで陸域を守るために極めて頑丈（ハード）な海岸構造物が海岸線に張り巡らされて来た。しかしながら、水際線が重要視される今日、海岸構造物の主流は、ハードからソフトへ変更を余儀なくされるのかもしれない。そうすると海岸技術者は、これまで以上に水際線における陸と海とのつれ合いを深く理解しなければならない。すなわち、従来のように沖から岸への計算を通して水際を理解するのではなく、直接水際を理解する必要がある。そのためには、少なくとも天の川のような両者が出会える（または我々人間と海とが出会える）場所を残しておくなければならない。そこには、波からの手紙（情報）があるのである。

謝 辞

本研究を行うにあたり、東京工業大学土木工学科の日野幹雄教授から貴重なご指導ご鞭撻を賜った。

ここに記して感謝の意を表します。

また、本論文で述べた波浪の現地観測、台風通過後の波浪痕跡の調査及び災害調査には、多くの方々の協力を頂いている。当研究室の宇座俊吉技官は、T8824の現地観測の際、編成された2グループの内の港川班の責任者となり学生の指導に当たってくれた。また、当研究室の大学院生長崎雅哉君、4年次の仲嶺智・野原良治・名城整・島尻聡・大城勉・我喜屋邦浩君らは、困難を伴った現地観測・波浪痕跡値調査を助けてくれた。さらに、琉大土木・建設系事務室の伊計恭子さん、琉大土木同窓会事務局の神谷市子さん、工学部付属図書館の喜屋武ゆかりさんは、現地観測に大変おいしい弁当を作ってバテかけた皆を元気づけて下さった。ここに心より感謝申し上げます。

最後に、本研究の全てを陰で応援してくれた筆者（前二者）の家内に対し感謝致します。



久高島からの帰り、協力して下さった皆さんとの記念写真

- (1) 高山知司・神山豊・菊地治：リーフの波の変形に関する研究、港湾技研資料、No.278, pp.27～28, Sept, 1977.
- (2) 合田良實：港湾構造物の耐波設計, pp.54～67, 鹿島出版, 1982.
- (3) 榎木亨：漂砂と海岸侵食, pp.54～55, 森北出版.
- (4) 土木学会：水理公式集, 昭和60年度版, pp.510～512, 土木学会, 1985.
- (5) 仲座栄三・日野幹雄：波群によって引き起こされた平均海面の共振応答, 第32回水理講演会論文集, pp.571～576, 1988.

- (6) 日野幹雄・仲座栄三・與那覇健次：波群によって引き起こされる Bore 状 Surf-Beat に関する研究, 第35回海岸工学講演会論文集, pp.197~201, 1988.
- (7) 仲座栄三・日野幹雄：Bore 状サーフビートによる災害の実態調査, 第35回海岸工学講演会論文集, pp.202~206, 1988.
- (8) 仲座・津嘉山・日野・大城：波群津波の津波力に関する研究, 第35回海岸工学講演会論文集, pp.597~601, 1988.