

氏 名	と 富	がし 樫	ひろ 宏	よし 由
授 与 学 位	工 学	博 士		
学位授与年月日	昭和 5 1 年 1 2 月 1 日			
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項			
最 終 学 歴	昭和 4 1 年 3 月			
	東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士課程修了			
学 位 論 文 題 目	津波の陸上遡上とその対策に関する研究			
論 文 審 査 委 員	東北大学教授	岩崎 敏夫	東北大学教授	多谷 虎男
	東北大学教授	松本順一郎	東北大学教授	佐藤 敦久

## 論 文 内 容 要 旨

津波災害は被害の程度と被害地帯の規模が大きく、海岸地帯の蒙る自然災害が甚大である為、その防災施設は被災地域において緊要として整備されてきたが、その設計に当たっては過去の津波の浸水痕跡高を基準とする経験則が用いられ、水理学的根拠に欠けていた。

本論文は、津波が汀線に近接した状況から碎波しながら、あるいは碎波しないで岸壁あるいは汀線に至り、更に陸上に遡上する場合の津波の水深や流速などの水理学的特性についてその変化の様子を明らかにするとともに、岸壁付近あるいは陸上に防浪堤や防潮壁を設けて津波の陸上遡上を防止しようとする場合の、堤・壁体に衝突する津波の高さ、水粒子速度、反射段波波高や波圧を求め、また堤・壁体の天端高が低過ぎてこれを乗越える場合の越波高やさらには堤・壁体越波後の背後に通過遡上する津波の高さ、水粒子速度や流量を求め、これによって適切な津波防災対

策を講じる方法について研究したもので、全編7章より成る。

## 第1章 序 論

本章では、本研究の動機、目的および本研究の概要を述べた。

## 第2章 有限振巾長波の陸上遡上に関する従来の研究とその問題点および本研究の背景

本章では、沿岸の大津波を有限振巾の長波とみなした場合の碎波条件や陸上遡上に関する従来の理論的・実験的研究を概説すると共にその問題点を指摘し、更に本研究の背景について述べた。

## 第3章 津波の汀線波高と陸上遡上高に関する研究

本章では、陸上遡上における津波の最大痕跡水位の分布について実測値および水理模型実験によって検討した。その結果、無次元周期による分類によれば、概して非碎波重複波型の遡上の場合には、汀線近傍に最大浸水高を生じ、碎波進行波型の場合には陸上最奥部が最も高かった。また、その中間には砕け寄せ波(Surgings)と名付けた遷移状態があり、海上での碎波の有無は津波の陸上遡上に対する影響が最も大きいことを明らかにした。

斜面勾配と相対水深の影響については、これをひとつにまとめた  $h/L/S = \ell/L$  ( $h$ : 斜面法先水深,  $L$ : 入射津波の波長,  $S$ : 斜面勾配,  $\ell$ : 斜面法先から汀線までの水平距離) なる無次元値によって検討した結果, Keller & Keller や首藤博士の非碎波重複波型の微小振巾長波理論式によって説明される範囲のほかに、これらの理論式では十分に説明し尽くせない非線形性の大きい領域があることを述べ、この領域に対して式(1)で与えられる新しい実験式を提案した。

(図-1)。

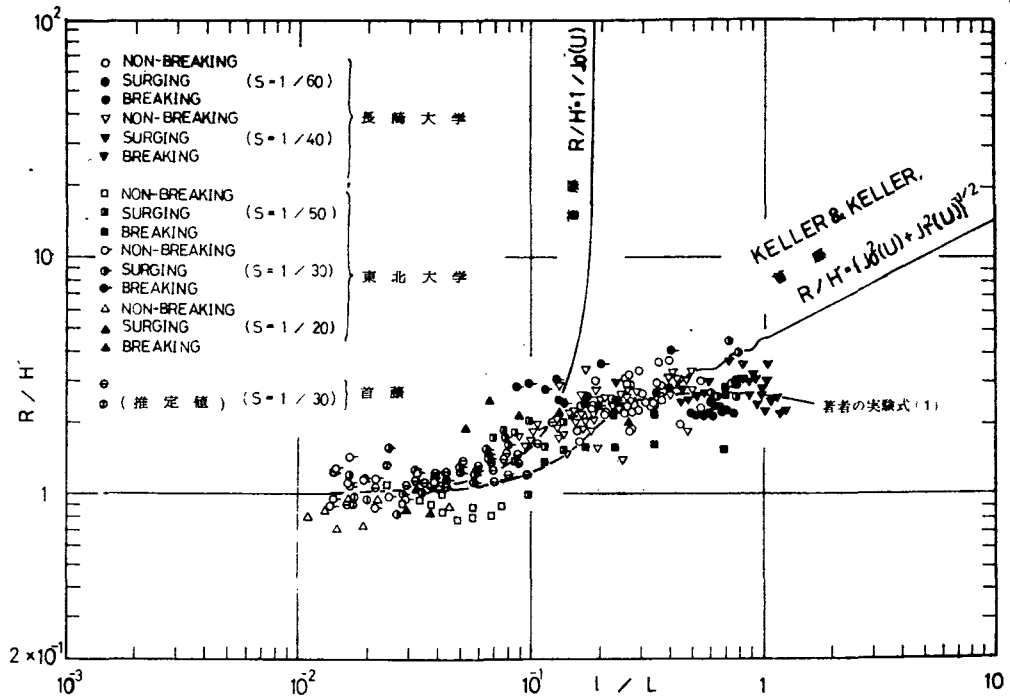


図-1 R/H'と $l/L$ の関係における各提案式の検討 ( $S = 1/60 \sim 1/20$ )

$$\log\left(\frac{R}{H'}\right) = 0.421 - 0.0095 \log\left(\frac{l}{L}\right) - 0.254 \left\{ \log\left(\frac{l}{L}\right) \right\}^2$$

$$1.0^{-1} \leq \frac{l}{L} \leq 1.3 \quad (1)$$

$H'$ : 斜面法先における静水面上の入射波高

$R$ : 静水面上の陸上遡上

第4章 津波の岸壁および汀線における挙動と陸上遡上に関する解析的研究

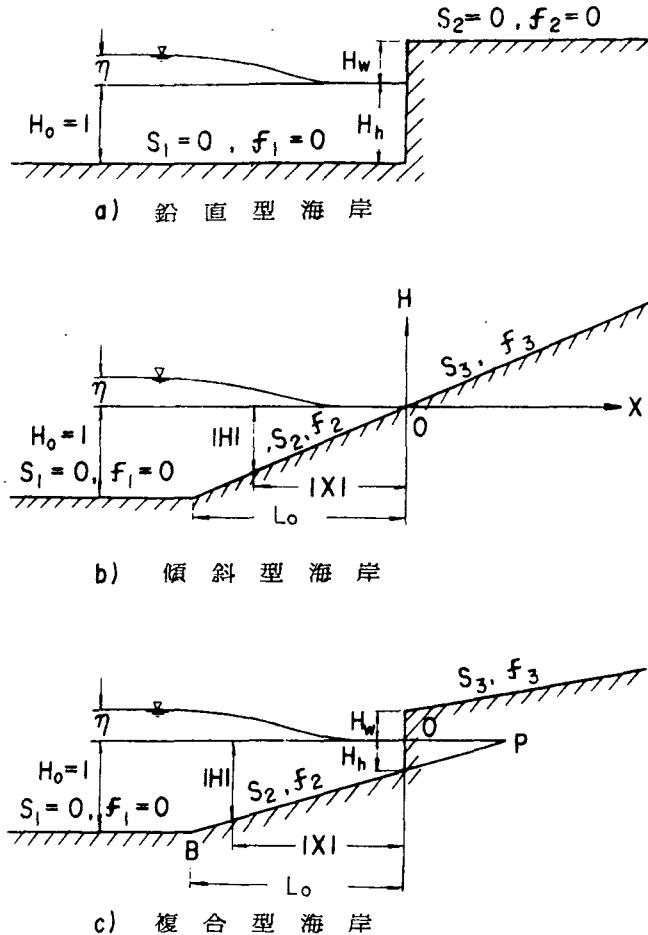


図-2 海岸模型の3分類

本章では、図-2に示すような(a)鉛直型海岸、(b)傾斜型海岸、およびこれらの組合わさった(c)複合型海岸において津波が遡上する場合について、特性曲線法を用いた数値解析を行うために、汀線および波前端における境界条件を理論的に研究し、その結果を用いて数値計算を行いつつ実験的に検証した。

先ず図-2(a)に示すように、汀線が鉛直岸壁で境され、海底と陸上と共に水平床から成る場合の境界値問題として、津波が港湾の岸壁を乗越える場合について取扱った。そこで先ず、特性曲線法で数値解析するために、重複波高が岸壁の天端高に一致する波要素までは通常の完全反射の境界条件を与えるが、これより高くなる入射波要素に対しては、重複波高が岸壁高に等しくかつ水粒子速度が入射波と等しいと仮定した反射波と、入射波との合成によって陸上へ進入する波要

素が発生するものとした。この場合の関係式は一般に式(2), (3)で表わされる(図-3)。

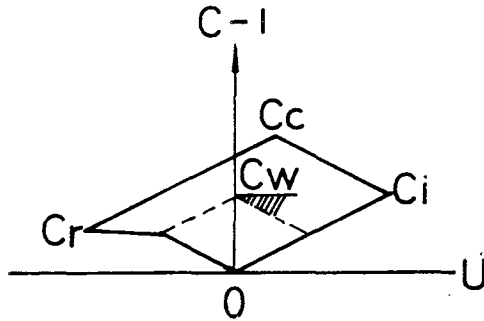


図-3 U~C速度平面における部分重複波の生成  
(一般の場合)

$$U_c = (C_i - 1) - \frac{1}{2} (C_w - 1) \quad (2)$$

$$C_c - 1 = \frac{3}{2} (C_i - 1) + \frac{1}{4} (C_w - 1)$$

ただし,

$$C_i - 1 \geq \frac{1}{2} (C_w - 1) \quad (3)$$

$$C_i := (1 + \eta_i/h)^{1/2} \quad \text{入射波の無次元波速}$$

$$C_c := (1 + \eta_c/h)^{1/2} \quad \text{重複波の無次元波速}$$

$$C_w := (1 + H_w/h)^{1/2} \quad \text{岸壁天端高等価無次元波速}$$

$$U_c := \frac{u_c}{\sqrt{gh}}, \quad \text{重複波の無次元水平水粒子速度}$$

$\eta_i$  : 入射波の静水面上の水位変動

$\eta_c$  : 重複波の静水面上の水位変動

$H_w$  : 静水面上の岸壁天端高

次に陸上へ進入する波要素は岸壁真上ではフルード数  $Fr = 1$  なる限界流の条件を成立させその後射流となることを見出し、これによってこのような鉛直型海岸の陸上遡上現象を理論的に解析する方法を得た。

また、図-2(b)に示す傾斜型海岸を津波が遡上する場合について、その前端が汀線に達した場

合の汀線条件（固定境界条件）と陸上遡上波の前端条件（移動境界条件）はフルード数  $Fr = 2$  なることを理論的に求め、これを波前端の水深と水粒子速度との測定によって実験的に裏づけ、その水理学的な意味を解釈し、これによって陸上の傾斜面または水平面を遡上する津波の数値解析を可能にするひとつの理論的根拠を与えた。ついで、図-2(c)複合型海岸においては、岸壁前面の水深が砕波水深より大きく砕けない場合について、図-2(a)鉛直型海岸の解析法を斜面勾配と底面まきつを考慮して若干補正することによって解析を可能ならしめた。

即ち、本章の研究結果によって、比較的単純な海岸地形で模擬し得る場合であれば、津波の陸上遡上高のみならず、陸上任意地点での波高（または水深）と水粒子速度等を求めることができる。

## 第5章 陸上防浪堤および防潮壁による津波遮蔽効果に関する解析的研究

本章は津波対策施設として陸上に防浪堤または防潮壁を設けた場合の遮蔽効果についての研究である。その結果、これらの堤・壁体に模した水平床上の直立堤に津波が入射した場合には、反射重複段波波高は入射波高に数倍する値に達し、一部は段波となって沖合いに反射し、一部は堤体を越波して遡上することを実験的に明らかにすると共に、入射波の波高と水粒子速度から定まるフルード数と堤高及び堤前の反射重複段波波高との間の関係式、更には堤体天端上の越流波高と堤背に遡上する波高、水粒子速度および流量との関係式等を理論的に誘導し（図-4）、これらを前章で述べた特性曲線法による数値解析に組込んで津波の遮蔽効果を算定するための基礎理論を提示した。

## 第6章 津波防潮水門の遮蔽効果と設計波圧に関する事例研究

本章は河川遡上津波防止対策施設としての防潮水門の遮蔽効果と設計波圧等の水理に関する事例研究である。すなわち岩手県小本川および田代川水門について前章までに示した計算法を用いて理論計算を行ない、更にこれを水理模型実験によって検証した。また水門前の浸水痕跡曲線や水門の越流曲線、波圧分布等を求め設計上の有用な資料を得た。

## 第7章 結 論

本論文で述べた研究結果を総括して要約した。

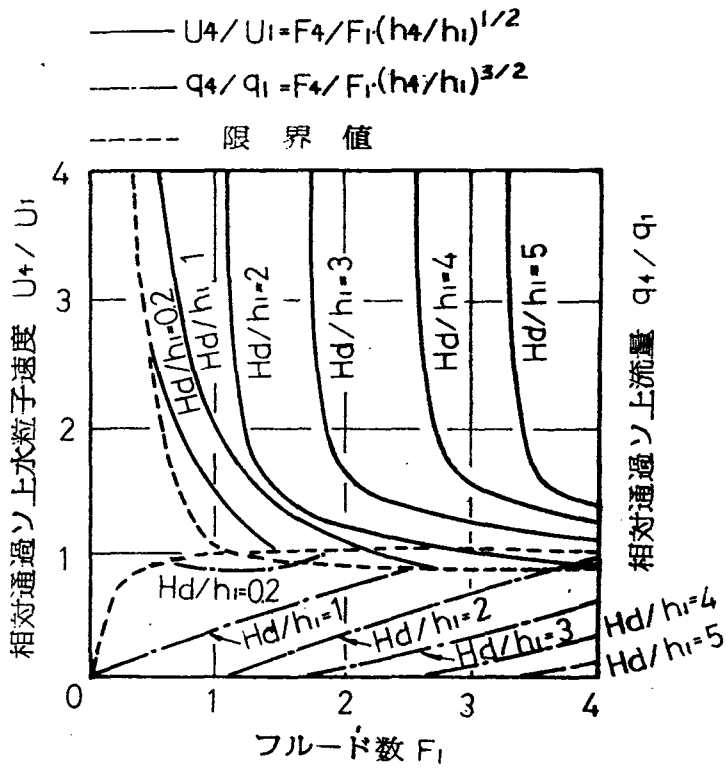


図-4  $Hd/h_1$  をパラメータとした相対通過遡上水粒子速度および流量と  $F_1$  の関係

## 審査結果の要旨

津波災害は海岸地帯の被る自然災害のうち最も大規模なものに属するので、その防災施設は重要なものとして建設されてきているが、施設設計においてはたとえば防潮堤の天端高さを過去の津波の浸水痕跡高によって決めるなどという経験則が用いられるに過ぎず、水理学的根拠に欠けていた。

本論文は津波が汀線あるいは岸壁に至り更に陸上に遡上する際の水深や流速や、津波の侵入を阻止する為に設けた防浪堤や防潮壁に津波が衝突した場合に生ずる反射段波、天端を乗り越えた場合の越波高や堤背での速度や水深などの水理学的特性について、理論および実験によって研究を行ったもので、全篇7章より成る。

第1章は序論であり、本研究の意義と目的および本研究の概要を述べている。

第2章では汀線近傍の津波を有限振幅非線型長波と考え、その碎波条件や陸上遡上に関する従来の研究を概括し、その問題点を指摘している。

第3章では一様勾配の斜面を遡上する津波を実験により検討し、その結果陸上における最高痕跡高は、津波が碎波していない時には汀線近傍に、碎波している時には陸上最奥部に生ずることを見出した。また遡上高に対する海底勾配および波形勾配の影響を求め、新しい実験式を提案している。

第4章では津波の遡上を特性曲線法を用いて解析する為に行った著者の提案を述べている。すなわち岸壁を乗り越える津波に対しては流速一波速平面において部分反射波と遡上波の満足する境界条件を、また傾斜海浜を遡上する津波に対しては移動境界条件ともいふべき先端でのフルード数の値を新たに提唱し、これによって数値解析を可能にした。その結果は実験によって裏付けられている。これは著者の独創によるものである。

第5章では防浪堤または防潮壁に対する入射津波のフルード数と堤高によって反射重複段波波高、不完全重複波高を理論的にもとめ、さらに越流波高、堤背に遡上する波高、速度、流量を新たに理論的に求め、かつ実験により証明している。

第6章では河川遡上対策として防潮水門を設けた場合の津波の挙動を前章までの計算法を適用して求め、さらに実験によって検証するとともに、越流曲線や水門に加わる波圧分布等設計上有用な資料を実験によって得ている。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、津波の陸上遡上および津波対策の効果について予測する基礎的手法を開発したもので、海岸水理学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。