



土木工学科第4講座

榎木 亨*

1. はじめに

我々の講座は、土木工学科に所属している。最近、土木工学科の多くの学生がお世話になる建設業界が、何かとマスコミを賑わしている。というのも、土木工学科では、鉄道、道路、橋梁、空港・港湾、上下水道、ダム、公園、産業廃棄物処理、都市及び地方計画、あるいは自然災害からの防災といった、社会基盤（すなわち公共事業）の多くの部分に直接的に、しかも深く関わった研究を行っているためである。

そうした中での第4講座の担当は、沿岸、海洋域の開発・利用及び防災・保全に関わる分野ということになっている。我々の研究室が関係した「利用・開発」に関わる研究の例としては、関西新空港の埋立とその周辺海浜の開発計画、明石海峡大橋主塔基礎の設計・施工計画（洗掘対策）といったいわゆる大プロジェクトから、開発行為のミチゲーションとしての人工海浜の計画、あるいは、そうした開発行為に対する環境影響評価が挙げられる。また、大量輸送機関としての船舶輸送の効率化あるいは海洋レクリエーション基地としての港湾施設の研究や、海域における各種水産増殖施設の開発に関する研究もこの範疇に入る。

一方、四方を海に囲まれ、台風銀座に位置する国土の保全策を検討するのも我々の役目である。台風に伴う高潮、高波あるいは津波の進入

や、最近顕著になっている海岸侵食に対する防災工法、河口閉塞や港湾・航路の埋没といった土砂の堆積に伴って発生する災害に対処するための工法の研究も行っている。また、ここ数年の間に景観や水質も含めた海岸環境の保全に関する need も高まる一方で、タンカー事故による油汚染や富栄養化に伴う水質悪化といった脅威も、日増しに大きくなっている。このような問題に対処するのも我々の仕事である。

ひと昔前の海岸構造物は、防災あるいは利用といった単一の目的を持って計画施工されていた。しかし、最近の海岸構造物は、多目的化し、利用と防災、あるいは防災と保全といった複数の目的を持って計画・施工されることが多い。

このように、一口に沿岸・海洋域の開発・利用及び防災・保全といってもその守備範囲は、極めて多岐にわたる。それらのすべてに共通する点は、対象とする領域が、常に波浪や流れといった厳しい自然の外力にさらされていることである。それを「保全」するにも、「利用・開発」するにも、このような外力をまず正確に推定することが要求される。海岸工学の第1歩は、このような外力としての流体運動の表現方法、推定方法の勉強から始まる。

従って、これらの外力をいかに正確に推定し、その変形を予測するか？ということも我々の重要な研究テーマの1つである。

2. 研究テーマ

ここ数年、我々の研究室で取り組んできた研究テーマとその内容の概略は以下の通りである。

1. 沿岸域における流体運動に関する研究

(1) 現地不規則波浪の統計的・力学的特性

現地海岸における波浪は、波高、周期が時々刻々変化する不規則な波動である。しかし、そ



*Toru SAWARAGI

1931年6月17日生

昭和34年京都大学工学研究科博士課程修了

現在、大阪大学工学部土木工学科、教授、工博、海岸・港湾工学

TEL 06-877-5111(内線4916)

の変化の仕方は、全くランダムではなく、ある種の規則性を内在している。例えば、波高の出現確率は、レーレー分布することがよく知られている。このような現地波浪の変形を議論する場合、線形性・分散性が強い水深の深い領域では、方向分散も含めたスペクトル解析法が有効であるが、非線形性が強い浅海域では、いわゆる波別解析を行わなければならない。そのためには、方向スペクトルから、例えば Zero-up cross 法で定義された個々波の波高周期及び波向の結合出現確率を求める必要がある。我々は、既に狭帯域スペクトルからの結合確率の変換法は誘導したが、現在それを広帯域スペクトルに拡張しているところである。

(2) 沿岸域での波と流れの干渉を考慮した流体運動解析

沿岸域では、種々の波と流れが存在する。ここでは、常に海岸で見ることができ重力波（風が外力となって発生する風波）と、それが砕波変形することによって発生する海浜流（沿岸流や離岸流）あるいは潮流、河川流出流といった流れとの相互干渉効果を対象としている。さらに、最近注目を集めている定常な沿岸流のせん断不安定によって発生する超外重力波（Far Infragravity Waves）と沿岸流自体の干渉効果も対象としている。前者に対しては、既に波と流れの干渉効果を取り込んだ数値シュミレーションモデルを開発し、主として数値計算によって検討を行っている。後者については、現在のところ線形化された解析解に基づいてその分散関係についての検討を行っている段階である。

2. 漂砂移動と海浜変形に関する研究

(1) 波動中における砂輸送現象の数学的モデル

海岸における砂輸送には、掃流、浮遊、シートフローといったモードのあることが知られている。従来は、それぞれのモードの輸送のみを対象とした数学的なモデル化が行われ、解析されていた。しかし、これらのモードは、明確な遷移限界を持たず、現地海岸では、それぞれが混在することが多い。我々は、全てのモードの輸送に適用できるようなモデル化について、現在検討を行っている。

(2) 非平衡状態の漂砂移動による海浜変形の機構とその予測

海岸で生ずる海浜変形を予測することは、海岸における土砂移動（漂砂移動）によって発生する海岸侵食、河口閉塞、港湾・航路の埋没等の現象を軽減・防止するための必要条件である。従来の多くの海浜変形予測においては、平衡状態（水深変化が生じない状態）で定式化された推定式に基づいて漂砂量の推定が行われていた。しかし、顕著な水深変化は、漂砂移動の非平衡性によって引き起こされるものである。特に、構造物周辺、砕波点近傍、あるいは河口、航路の水深急変部といった領域においては流体運動の空間的な勾配が大きくなることにより漂砂移動に強い非平衡性が現れる。このような状態の漂砂移動を精度良く推定するための数値モデルを開発し、現在、各地の海浜変形、航路埋没の予測計算を行い、その精度の検討を行っている。

3. 港湾・海岸・海洋構造物に関する研究

(1) 捨石防波堤の安定

捨石や消波ブロックは防波堤の重要な構成要素であるが、その重量の算定は従来簡単な実験式に基づいて行われており、合理的な設計法の確立が求められてきた。本研究室では、捨石堤の破壊機構を明かにするとともに、実際の不規則な波に対しては波の連なりの特性が捨石の安定に重要であることを指摘しており、破壊率の概念に基づく新しい設計式を提案している。現在は捨石の移動メカニズムをより詳細に検討している。

(2) 円柱および栈橋床板に作用する衝撃波力

円柱は外洋の石油プラットフォームから港の栈橋にいたるまで、種々の構造物に用いられている基本的な部材であり、円柱に及ぼす波力の問題はこれまでも数多くの研究者が取り組んでいる。本研究室では、主として砕けた波が円柱部材作用したり、水面が空中の円柱部材に接触する場合などに生じる衝撃的な波力を実験的に研究しており、その算定法を提案している。また栈橋床板に作用する衝撃的な揚圧力についても研究を進めてきたが、この場合には栈橋床板と水面との間に閉じ込められた空気の影響を無視することができず、水理実験に用いる模型

と実物との相似性についても検討する必要がある。

(3) 係留浮体の動揺

係留浮体の動揺問題は、浮防波堤や係留船舶の安全性を論議する上で重要な問題である。本研究室では、マリーナなどにみられるような杭係留された浮体の動揺と波浪制御効果、および港内の係留船舶の動揺予測などを対象として研究を行っている。浮体の動揺問題については近年の計算機の発達により、数値計算法の開発が著しく進んだ分野であるが、浮体に生じる長周期の動揺など種々の非線形性に起因する現象についてはまだ十分解明されていない。非線形な流体力やカオスを含む非線形系の応答などが現在の研究テーマである。

(4) 膜体構造物に及ぼす波力

オイルフェンスや沿岸の海洋工事で用いられる汚濁拡散防止膜などは、膜面を有するフレキシブルな構造物であり、海洋構造物としては特殊なものである。このような構造物の設計法はこれまで十分検討されていなかったが、近年環境問題が大きくクローズアップされるに伴ってその設計法についても見直しが必要になってきた。本研究室では水理実験や数値計算によりこのような膜体構造物に及ぼす波力の研究を行っている。フレキシブルな構造物は一般に波に対する追随性に優れており、剛な構造物に比べると波力を受けにくい、膜が弛緩した状態から急に緊張する際にケーブルに生じる衝撃的な張力などは膜体構造物に特有の現象である。

(5) 港内静穏化問題

港内をいかに静穏に保つかという問題は港湾技術者にとって最も大きな問題である。本研究室では、港の静穏度は港湾の利用者である船舶の動揺量で評価すべきであるという一貫した考えに基づいて種々の研究を行っている。港内での波の変形、港内進入波による係留船舶の動揺について水理実験および数値計算の両面から検討しており、港内の静穏度評価モデルの確立を目指している。また係留施設や港湾施設をどのように改善すれば静穏度を向上させることができるかといった具体的な問題にも積極的に取り組んでいる。

4. 魚礁の水理学的機能と増・養殖場造成技術に関する研究

我が国は、古来より豊富な水産資源によって食生活の一部を担ってきたが、現在において浅海域の埋立や、長年に及ぶ工場・生活排水、による水質・底質汚染、漁獲技術の向上による乱獲のために水産資源は激減している。これらの実状から我が国の漁業は、捕る漁業から育てる漁業への変革を図ろうとしている。我々も水産土木工学の見地から以下のテーマの研究を行っている。

(1) 漁場の形成

漁場の形成は、海中に人工魚礁を設置し、魚にとって好環境を作り出すことにより集魚する。魚礁の集魚効果については、生物学的・水理的に不明な点が多い。しかし、魚礁の下流側に発生する渦流が、底棲生物の着底、流れ藻の漂着、またプランクトンなどの餌料生物を滞留させ餌場としての環境を作り出すと共に流れの変化が魚類に休養の場を与えるなどの働きがあることは既に知られている。我々は、魚礁周辺の流況に着目して、集魚効果の高い魚礁の平面的な配置方法についての研究を行っている。また、魚礁の沈設は一般的に作業船から投入されるが、その投入法の設置精度、着底時に魚礁にかかる衝撃力の問題や設置後の魚礁の安定、周辺の局所洗掘の問題についても研究を進めている。

(2) 増・養殖場（中間育成場）の造成

浅海域は、稚魚の中間育成の場であり、生態系の低次の消費者である底棲生物（貝類・甲殻類など）の生活の場であるため、沖合の水産資源を豊富にするためには浅海域の生態系を豊富にしておく必要がある。これらの稚魚や貝類の成育は、浅海域の海底環境に大きく依存している。例えば、アサリは、浮遊幼生時に底質環境の良い場所に着底できなければ成貝まで育たない。また、沿岸漁業の重要資源であるヒラメは、稚魚期に浅海域で河口付近の渦流域あるいは、植物性プランクトンとデトリタスの集積が著しいパー・トラフ地形などに輸送されなかった稚魚は自然淘汰される。このように水産生物の生態に着目すると海底地形・流況・底質環境を改善することで残存率を上げることが可能である。

生産と技術

我々は、海底に構造物を設置することで構造物周辺の流況を変化させたり、強制的に局所洗掘を発生させ海底地形を変化させたり、縮流効果により海底のヘドロや腐泥を除去する海底環境改善工法について研究を行っている。

3. おわりに

海岸港湾工学の分野における我が国の研究レベルは、世界の先端をいくものである。したがっ

て、海外からの数多くの学生も我々の研究室で研究し、帰国後もそれぞれの国の海岸港湾工学の分野で指導的な役割をはたしている。特に韓国留学生との結びつきは大きく、帰国後の留学生と共に1年に1回榎木研究室のOB（日本・韓国の）が集まり、日韓合同セミナーを日本と韓国交互で開催しており、本年で第4回目を迎える。

