

海岸工学における最近の動向

海岸工学委員会

1. はしがき

土木学会海岸工学委員会は、その活動状況をすでに学会誌第56巻第5号(昭和46年5月号)に紹介し、主として本委員会の設立の経緯と活動の経過を説明して、会員各位の関心をたかめ理解を深めるように努めた。すなわち、1950年(昭和25年)にアメリカ合衆国で初めてConference on Coastal Engineeringが開催され、新しい土木工学上の専門分野として「海岸工学」が派生したこと、昭和29年11月に石原藤次郎京大教授(現在同名誉教授)の呼びかけによって、土木学会関西支部主催による海岸工学研究発表会が、初めて神戸市において開催され、ついで翌30年5月に土木学会内に本間仁東大教授(現在同名誉教授、東洋大学教授)を委員長として海岸工学委員会が生まれたこと、それ以後、毎年、海岸工学講演会が継続開催され、同時に講演集(昭和45年から論文集)が刊行されていること、また“Coastal Engineering in Japan”が昭和33年から毎年1巻ずつ発行され、昭和44年度には「海岸保全施設設計便覧(改訂版)」が増補改訂されて出版されたことなど、本委員会の設立事情と今日までの主要な事業が報告された。ここでは、本委員会としての事業の説明ではなく、海岸

工学という学問の最近の動向を、講演会論文集や国際会議論文集に基づいて、国内・国外にわたり概観し、どのような問題が現代の関心事であるかを紹介して、会員各位のこの方面への理解を深めていただきたいと思います。

2. 国内における研究の動向

前述したように、本委員会では毎年海岸工学講演会を開催し、同時に講演集(論文集)を発行している。そこに掲載された論文数は、第1回(昭和29年)にはわずか16編であったものが、一昨年および昨年の第18、19回では、いずれも73編に達し、いまではわが国の海岸工学の発展を推進する貴重な発表機関となっている。ここで、第1回以来のすべての掲載論文を項目別に分類すると、表-1のようになる。この表がわが国の海岸工学研究の傾向を集約して示したものであるとは必ずしもいえないが、ある程度はそれぞれの項目がたどってきた研究の歴史を物語っているとみなしてもよいであろう。以下、この表を中心として、そこに含まれている意味を取りだし、解説してみたい。

(1) 波 浪

19世紀中ごろに出現した有限振幅のいわゆる古典的

表-1 海岸工学講演会論文集(講演集)に掲載された論文の分類

分類項目	昭和年度(回)																			
	29 (1)	30 (2)	31 (3)	32 (4)	33 (5)	34 (6)	35 (7)	36 (8)	37 (9)	38 (10)	39 (11)	40 (12)	41 (13)	42 (14)	43 (15)	44 (16)	45 (17)	46 (18)	47 (19)	
波 浪	規 則 波	2	3	0	1	0	0	0	2	3	2	6	4	3	4	5	5	7	11	4
	風波、観測など	1	2	3	1	1	0	4	3	5	8	7	5	8	7	9	12	11	9	6
長 周 期 波	屈 折、回 折	1	0	2	0	0	3	5	7	8	6	4	4	5	5	5	2	3	4	4
	越波、打ち上げ、遡上	1	1	1	1	1	0	0	1	4	3	4	5	5	4	4	3	5	4	8
流	漂砂、海浜過程、洗掘	2	1	2	1	3	1	0	3	1	2	3	1	1	1	2	3	1	2	3
		2	7	8	9	10	9	9	8	3	4	5	3	10	8	10	6	16	15	14
波圧、波力	海岸・港湾構造物	1	1	3	3	3	2	2	1	4	4	4	6	4	3	1	0	4	2	6
	海洋構造物	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	4	7
構造物関係	防波堤など	1	2	2	5	2	2	2	2	0	1	2	4	2	0	2	5	5	1	3
	消波工など	1	1	1	0	1	3	0	4	1	1	3	2	5	5	6	7	3	9	6
密度流、拡散、汚染	浮体、衝撃力	0	0	2	0	2	0	1	0	0	0	1	4	8	9	9	10	8	8	7
	レクリエーション、マリナー	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	3	2
計画、災害、工事、その他		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
		3	1	1	1	1	0	4	3	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0
論 文 数 合 計	16	19	26	22	24	20	28	35	31	32	42	39	52	50	57	56	65	73	73	

波動論は、近年に至り摂動法を利用して高次の近似解を求めることにより、各種の境界条件のもとでの規則波のいろいろな性質が詳細に明らかにされるようになった。しかし、最近の傾向は、何といたっても現地波浪を含めた不規則波浪の研究であって、とくに電子計算機によるスペクトル解析など、データ処理の迅速化と不規則波発生機の出現は、この方面の研究を著しく活発にし、種々の興味ある重要な成果が発表されるようになってきた。

(2) 長周期波

主として津波および高潮を対象としたものであるが、伊勢湾台風による高潮災害やチリ地震津波による被害を受けた昭和 34, 35 年以降、この研究が急速に活発化したことは当然であろう。しかし、最近では、むしろ湾水振動に付随した各種の問題、たとえば港口での損失とか境界条件など、湾水振動の微細構造を明らかにしようとする傾向が見られる。

(3) 屈折、回折

波向線が屈折によって交差するときの取扱いとか、不連続護岸に対する回折波、および不規則波の回折計算など、二、三の研究があるが、わが国ではあまり活発ではない。

(4) 越波、打ち上げ、遡上

やはり伊勢湾台風による高潮やチリ地震津波を契機として、毎回回編かの研究発表が行なわれており、最近ではとくに、不規則波を対象とした越波や打ち上げの取扱い、さらに越波機構のモデル化による越波量の定式化が試みられるようになったことが特徴であるといえよう。

(5) 流 れ

潮流とか沿岸流などを指すが、とくに顕著な特徴的傾向はない。しかし、気球にカメラを吊して海浜流を観測する方法が提案されたり、離岸流が理論研究の対象となってきた点が、このような現地での複雑な流れについての研究の壁を打ち破る有力な手段として注目される。

(6) 漂砂、海浜過程、洗掘

昭和 37 年から 40 年ころにかけて発表論文数が極端に減少し、この方面の研究が行き詰ったのではないかと一時心配されたが、その後ふたたび活発になった。これはトレーサーとしての蛍光砂を利用した漂砂調査法の普及、海岸浸食の激化とその対策の必要性、海岸利用の増大などの理由によるものと考えられる。とくに最近は、離岸堤を用いてトンボロの発生発達をうながし、それによって浸食を防止すると同時に砂浜を拡大する工法がさ

かに実施され、かなり成功していることは特筆すべきであろう。

(7) 波圧、波力

ここで特記すべきことは、海洋構造物を対象とする研究が急増したことであって、ここ当分の間は、円柱あるいは柱状構造物に対する波力とか応答を取り扱った研究が話題をにぎわすことであろう。この課題で問題となるのは、抗力係数および質量係数の評価、波の運動に伴う水粒子速度および加速度の正確な把握、不規則波に対する波力応答、波の有限振幅性が波力におよぼす影響などで、こうした点を解明する努力が今後も続けられるであろう。

(8) 構造物関係

海岸・港湾構造物それ自体の機能についての研究には消波を目的としたものが多く、透過性防波構造物、消波岸壁、潜堤、離岸堤、浮き消波工、エアカーテンなど多種多様な方式で波を制御しようとする努力が続けられている。

(9) 密度流、拡散、汚染

従来は淡塩二層とか水温成層などの密度流の問題がある程度取り扱われてきたが、最近ではとくに海洋汚染が人間の生存にかかわる問題として大きく取り上げられるようになった。海岸工学の分野では、この海洋汚染は海水交流とか温度あるいは物質の拡散の問題として、昭和 41 年ころから本格的な研究が開始された。

その方法としては、現地観測や水理模型実験とともに、拡散方程式の数値解法もさかんに用いられ、それぞれの長所を最大限に利用して、現象の解明や予測が行なわれている。

(10) 浮体、衝撃力

浮防波堤、ポンツーンなどの浮体としての運動や係留についての研究とか、大型タンカーの接岸時の衝撃力などの研究は従来でもある程度行なわれてきたが、最近では必要に応じた重要課題として活発化してきたように思われる。

(11) レクリエーション、マリーナ

わが国でも、ようやく海洋性レクリエーションについて本格的な検討が行なわれ、国民の要望に答える段階になったが、それに伴って、マリーナ計画のための海岸工学的基準が論じられ、また、レクリエーションのための環境が問題とされるようになった。

3. 海外における研究の動向

次に、海外における研究の動向を調べてみる。国際的な会議としては、前述のように Conference on Coastal Engineering がある。表-2 は同会議論文集中に掲載された論文を、表-1 と同様な項目について分類したものである。これをみると、国内におけると同様に、論文総数は、近年とくに東京で開催された第 10 回以降、急激に増加しており、世界的にも研究者の層が厚くなってきたことを示している。各項目ごとにその動向をみると次のようである。

(1) 波 浪

海岸工学の体系化は、最も重要な外力としての波浪の予報が可能となったことにあり、初期のころは有義波を主体として取り扱われたが、やがて波浪の微細構造を明らかにする目的からエネルギー・スペクトルに基づく研究へと進展しつつある。また、波の理論においても、電子計算機の利用が普遍化するについて、微小振幅波理論の解説や応用から、より実体に近づくために有限振幅波理論の適用がはかられている。このような動向は、波浪データの蓄積や計測資料の精度向上に支えられたものであり、さらにはデータ処理の統一化を図ろうとする動きがある。

また、理論の精密化につれて、波と流れの相互干渉に近年は関心が向けられつつある。

(2) 長 周 期 波

高潮や津波による被害が生ずるに伴って、海外におい

ても、これらの長周期波に関する研究が活発である。すなわち、長周期波の実体を把握するとともに、電子計算機によってシミュレーションを行ない、防災対策に資すること、また、湾や港湾内のサージ特性を把握する努力がなされている。

(3) 屈折、回折

実用的には図式的に求めるが、近年は屈折、回折の複合した問題を計算機によって求める研究が活発化している。

(4) 越波、打ち上げ、遡上

海岸構造物の天端高の決定は波の打ち上げ高を基本としてきた。そのために、いかにして複雑な断面への打ち上げ高を算定するかという点に努力が傾注されたが、やがて不規則波に対する取扱いに進んだ。一方では、越波量を設計の基準に採用する気運が生じ、規則波から不規則波へと対象が拡大されている。

(5) 流 れ

海岸において生ずる流れは観測が困難なために、実体を把握することが容易ではない。このために、全体的な観点からの研究は初期のころになされたが、その後は沿岸流に主眼が向けられていた。近年に至り、radiation stress の導入によって理論的な展開が急速に行なわれ、また、一方では観測法の開発によって、沿岸付近の流れに対するわれわれの理解は急速に高められつつあり、工学的な諸問題に適用しうるようになるのも間近いことと思われる。

表-2 海岸工学国際会議論文集中に掲載された論文の分類

分類項目	昭和年度 (回)													
	25 (1)	26 (2)	27 (3)	28 (4)	29 (5)	32 (6)	35 (7)	37 (8)	39 (9)	41 (10)	43 (11)	45 (12)	47* (13)	
波 浪	規 則 波	2	0	1	0	6	5	2	1	3	6	9	16	11
	周波、観測など	4	1	1	2	8	5	9	4	4	12	6	16	24
長 周 期 波	1	2	2	3	5	5	5	5	3	8	5	16	13	
屈 折、回 折	1	1	1	0	3	0	0	0	3	3	4	2	14	
越波、打ち上げ、遡上	0	0	0	0	0	2	1	2	0	2	4	1	3	
流	1	1	1	0	1	1	2	1	2	1	1	4	3	
漂砂、海浜変形、洗掘	9	7	7	11	9	14	18	19	15	14	27	41	47	
波圧、波力	海岸、港湾構造物	0	0	0	2	1	1	3	1	1	5	4	0	
	海洋構造物	2	2	0	1	0	2	3	1	1	1	2	7	
構造物関係	防波堤など	7	3	4	3	1	4	5	3	8	11	15	9	
	消波工など	0	0	0	0	0	0	1	3	1	1	2	0	
密度流、拡散、汚染	2	4	4	0	1	7	4	2	2	10	13	16	36	
浮体、衝撃力	0	2	0	0	1	1	1	0	2	4	3	5	2	
レクリエーション、マリナー	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	
計画、災害、工事、その他	6	5	5	5	7	7	5	3	7	7	6	5	2	
論 文 数 合 計	35	28	26	27	43	54	59	45	53	86	101	138	173	

注：* 印・論文集未着のために論文要旨集によった。

(6) 漂砂, 海浜変形, 洗掘

漂砂問題は, 海岸工学研究において常に大きな部分を占めている。初期のころは実験の結果を用いて, 自然海浜において起りつつある諸現象を説明しようとする努力がなされたと考えられる。やがて, その適用に限界のあることが明らかにされて, 現地海浜の観測に力が注がれるとともに, 底質の移動に関する基礎的な研究も行なわれるようになった。しかしながら, なお未解決の問題が多く両者の間隙は大きい。漂砂現象を量的に把握するために沿岸漂砂量を評価しようとする試みは, 初期のころから引き続いてなされてきた。しかし, 力学的機構がなお解明されていない現在, これらは経験則として沿岸漂砂量のオーダーを与えるにとどまっている。上記のような自然海浜に対する研究・調査に加えて, 種々の海岸構造物との関連, あるいは具体的な地点での漂砂問題に関する論文が多いが, これらは case study としての意味を持っている。

(7) 波圧, 波力

種々の構造物の安全を確保するためには, 外力である波圧, 波力を精度よく評価しなければならない。このような観点から, 直立壁に作用する波圧分布, 捨石防波堤の捨石安定重量の評価, あるいはゆるい傾斜面での碎波に伴う波圧分布などが取り扱われている。また, 海中に打ち込まれた杭に作用する波力に関する研究は, すでに初期のころに見られ, 現在でもその基本的な考え方は踏襲されている。しかしながら, やがて海洋構造物に対する関心が高まるとともに, 構造物全体としての外力に対する応答が取り上げられるようになってきた。

(8) 構造物関係

海岸には多様な構造物が築造される。これらは港湾構造物である場合もあれば, 海岸保全, あるいはその他の目的の海岸構造物であることもある。これらの機能を十分に果させるためには, 構造物と, 波浪, 沿岸の流れ, あるいは漂砂との相互作用を明らかにしておかねばならない。多くの場合に, 現象があまりにも複雑であるために明確な原則をたてることが困難であり, したがって, case study による実績の積重ねが重要な指針を与えるものと考えられる。

(9) 密度流, 拡散, 汚染

わが国とは異なり, 海外では estuary の問題に重大な関心が寄せられている。そこでは, 海洋としての性格と河川としての特性が混在しており, 密度流, 土砂の堆積, あるいは環境問題として古くから取り上げられてき

た。一方, 処理下水を海底管をとおして海洋に放流することは, かなり以前から実施されてきたようであり, したがって, 下水の海洋拡散に関する研究が多く見られる。また, 近年は海洋の汚染が深刻化するに伴い, 海洋環境に対する研究が急激に増大してきており, たとえば, 油によって汚染された海浜の自然浄化や人工浄化といった問題が取り上げられるようになってきた。汚染に関連して付言すれば, 浚渫その他により海底土砂を移動させることによる海水の汚濁の問題も, かなり早くから取り上げられている。また, わが国では比較的早い時期から取り上げられた温排水, あるいは熱汚染に関する研究も世界的な関心事となってきた。しかしながら, これらの研究は, あくまでも物理現象に対するものであり, これが生物に関してどのような影響を与えるかという面での研究は, 非常に立ち遅れているように思われ, 環境問題の根本的な究明には, なお相当の時間を要するよう思われる。

(10) 浮体, 衝撃力

簡易防波堤の一つとして浮防波堤が研究の対象として取り上げられて久しいが, 近年ふたたび見直される傾向がみられる。その防波機構が主要な関心事であるとはいえ, 波に伴う浮体の挙動, あるいは係留索にかかる張力の評価は, なお検討を要する問題である。さらに, 船舶が接岸する際の衝撃力, またこれを吸収するための防衛工の機構, あるいは係留浮体の波浪による衝撃力などが取り上げられている。

(11) レクリエーション, マリーナ

近年, 海洋性レクリエーション施設の一環として, 人工海浜の造成やマリーナの建設に関心が寄せられるようになった。とくに, マリーナは小型レジャー用船舶の係留施設として独自の分野を形成しており, 種々の工夫がこらされている。また, サーフィンに適した条件に対して科学的な検討が進み, 人為的に適合した環境を造成するといった動きも見られるようになった。

(12) 計画, 災害, 工事, その他

上に述べた以外の種々の題目についての論文が毎回の会議で発表されている。このようなことも, 海岸工学で対象とする分野が多彩なことを示しており, あらゆる形の情報が総合されてこそ工学としての体系づけや, 現実の諸問題への対応が可能になるのであろう。

以上に述べた会議のほかに, 幾つかの会議においても海岸工学の諸問題は, 対象として取り上げられている。すなわち, International Association for Hydraulic

Research の2年に一度の総会では、1953年以降ほぼ毎回ならぬかの形で海岸水理学上の諸問題が取り上げられ多くの論文が発表されている。また、1971年にノルウェーの Trondheim で開催された The 1st International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions にも海岸工学に関連した論文が数多く発表されている。これらの論文はそれぞれの会議の性格を反映しているとはいえ、海岸工学に関する研究の動向を知るうえで有益な資料を提出している。

4. 国内における最近の話題

(1) 水理模型実験の大型化

水理模型を用いてわが国で初めて潮流の実験を試みられたのは昭和5年であるが、本格的には昭和33年に京大防災研究所で実施した広島湾を対象としたもの以降であろう。その後、気象台や運輸省、農林省、通産省などの研究機関とか大学で、港湾や海峡についてあいついで実験が行なわれるようになった。一方、汚染物質の拡散を対象とした模型実験は、前述したように昭和41年ころから行なわれるようになったが、それに関連して模型実験の規模が大型化してきたことは時代のすう勢といえよう。その中でとくに注目すべきことは、通産省中国工業技術試験所(呉市広町)に約14億円をかけて最近完成をみた「瀬戸内海大型模型実験場」であって、模型は水平縮尺1/2000、垂直縮尺1/60であるが、瀬戸内海全域を含むために、実験棟は全長約230m、幅約100m、高さ23mという巨大なものとなった。模型には、紀伊水道、豊後水道、関門海峡の3か所に起潮装置(堰式)が付設されている。今後の実験の成果が期待される。

(2) 海岸環境整備事業

昭和48年度から、建設・運輸両省が実施する海岸関係の新規事業として「海岸環境整備事業」がある。これは、農林省を加えた3省の昭和45年度を初年度とする

海岸事業5箇年計画内の事業となっているが、従来の海岸保全を第一目的とした事業と異なり、海岸の環境整備を図りその利用の増進に資するための事業であって、国民の海洋性レクリエーションの需要に対応するために、快適で美しい海岸環境を創造しようとするものである。とくに海岸工学のうえからは、事業の対象として、離岸堤、突堤、階段式護岸など、従来の海岸構造物のほかに初めて養浜が認められた点がこの事業の特徴として指摘される。昭和48年度は建設省所管で10か所、運輸省所管で8か所、合計12億6000万円(補助率1/3)で実施されることになっているが、国土保全としての海岸事業とともに、こうした海岸環境の整備が今後大いに推進されることと思われる。

5. むすび

以上、国内および国外における海岸工学の最近の動向と、二、三の話題について述べたが、原子力および宇宙の開発に続いての巨大プロジェクトである最近の海洋開発に刺激されて、海岸工学への一般の関心は著しく高まっているものと思われる。海岸工学の将来は、関連分野である沿岸海洋学の発展とも関係が深く、その意味で去る4月18日に日本海洋学会沿岸海洋部会長速水頌一郎博士(東海大学海洋学部長)が急逝されたことは、まことに惜まれる。また、故速水博士の海岸災害研究を通じての海岸工学に対する貢献については、はかり知れないものがあり、この機会に付記して衷心より哀悼の意を表したい。

海岸工学国際会議においても、年々応募論文数が増加し、申込みを断られるものが出るほどであり、一方、わが国でもこの傾向は同じである。本委員会は創設以来20年の青年期を迎えようとしているが、海外の動向を見きわめつつ、また研究者の要望に答えながら、今後の海岸工学の進む道を誤ぬよう対処しなければならない。

(委員長・尾崎 晃/執筆・前委員長>岩垣雄一)
<幹事長>堀川清司)

第19回 海岸工学講演会 論文集 1972 73編を収録

● B5判 460 ページ 定価 4200 円 会員特価 3800 円 (〒170 円)

第18回 海岸工学講演会 論文集 1971 74編を収録

● B5判 458 ページ 定価 4200 円 会員特価 3800 円 (〒170 円)

第1回(1954年)より第10回(1963年)および第13回(1966年)、第14回(1967年)は既に絶版となりました。しかしながら再刊を望む声が高いため、とりあえず第1回より第10回まで業者と提携してマイクロフィッシュフィルム(1シート60ページ分)を作りましたのでご利用下さい。

● 42 シート 14000 円(送料とも) 詳細な索引がついております。