

海洋構造物の現状と将来展望

はやし
林

さとし
聰

海洋を場とした建設技術の新しい展開がここ数年来急ピッチで進められている。これは近年、産業経済の著しい発展に伴い、膨大な人口と多数の工場が都市を中心とする沿岸地帯に集中し、その結果、用地不足による地価の高騰、過密化による流通機構の麻痺をまねき、公害問題もますます深刻化している。これに対処するため、人口、産業の内陸への効率的分散化とともに、沿岸海域の開発利用が要請されているのが大きな原因となっている。

以上は主として海域空間利用の立場から述べてきたが、一方海洋資源開発、特に海底石油資源開発の観点から見ても海洋構造物の建設技術の重要性は改めて論及するまでもないことである。

また、海洋構造物の建設に当たっての技術的基盤と考えられるものに海洋学、造船技術、港湾技術などを中心とした海洋土木技術などがあげられるが、これら個々の技術を総合的にバランスのとれた形で組み立てていかねばならぬところに海洋建設技術の特徴がある。さらに、海洋構造物の建設技術の内容を施工面から見れば、悪い自然環境の下で、短時日に大規模な構造物の工事を行なわねばならぬという点にも一つの特徴が見いだされる。

土木学会、海洋構造物に関する調査研究委員会の分類によれば、海洋構造物の構造型式別の分類は、接地式と浮上式に分類され、接地式海洋構造物はクイや埋設により支持する固定型、底面により支持する着底型および昇降可能な脚および甲板を有し、接地した脚により支持する自己昇降型に分類される。さらに浮上式海洋構造物は海上型、半潜水型および海中型に分類され、いずれも浮力ならびにアンカーにより支持するものである。

一方、海洋構造物の機能別分類は、土質工学会海洋建設研究委員会第3小委員会が設計基準および設計の現状をとり上げたものに港湾構造物、海洋建築物、シーバース、渡海長大橋、海底パイプライン、沈埋トンネル、海上作業台、海上空港および人工島であるが、これらの施設のほかに海上発電所、海上都市および灯台などの海洋構造物がある。

海洋構造物建設の現状は沿岸施設が中心であり、将来はより水深の大きい沖合へ進出するというのが一般的傾向であるが、個々にはそれぞれの施設によって発展の段階が異なるため、ここでは施設ごとに現状と将来展望を試みることにしたいと思う。

港湾構造物は古くから海を対象として技術の集積を行ってきた分野であり、今後の海洋における建設技術の開発

の基礎となるべきものである。港湾構造物と一口に呼ばれるものの中には、航路、泊地などの水域施設、防波堤、護岸、防潮堤などの外郭施設、岸壁やドルフィンなどの係留施設、さらには上屋、臨港道路などの機能および交通施設などがあるが、特に海洋建設技術の先駆として位置づけられるものに防波堤、防波護岸、岸壁などがあげられる。防波堤は不断に作用する波浪に対し、港内の静穏を維持し、船舶の航行、停泊の安全、荷役の円滑化および港内施設の保全をはかるために設けられるもので、島や半島などによって外洋から完全にしゃへいされた港でない限り防波堤が築造されるのが普通である。防波堤に作用する支配的な外力は一般には波力であり、海洋構造物に共通した問題である耐波設計の基礎となる構造物として重要である。現在では、着底型、固定型などの接地式の構造型式が用いられているが、将来は浮防波堤などの浮上式構造が登場してくるであろう。岸壁あるいは護岸は陸と海の境界に築造される土留構造物で船舶の係留および貨物や旅客の積みおろしに供されるものを岸壁、単なる土留構造物を護岸といっている。岸壁の構造型式の現状としては、ケーソンやL型ブロックを用いた重力式構造、主として鋼矢板を用いる矢板式構造、あるいは鋼管グイを使った栈橋式構造などの着底型、固定型の接地式構造であるが、将来の姿としては順次到大水深域に進出することが予想され、後述のシーバースの項で触れることにするが極端な場合には、浮上式構造が係留施設に大規模に利用されることも考えられる。

海洋建築物に関しては、現在、わが国ではこの概念に類する構造物としてはわずかに観光施設などにみられるのみであって、一般的にはまだ周知の概念にはなっていない。しかし、陸上における居住地の不足などから、建築物あるいはこれに類するものの海洋への進出が切迫した要請となりつつある。また、事実海外では建築物の海洋への進出の動向がみられ、海洋問題は世界的な傾向を持っており、海洋建築物の安全を図るための基準づくりが急務となっているのが現状である。

シーバースはわが国の経済発展に伴って多大なエネルギー、原材料を国外から輸入するための受入口として最近急激に建造されつつある施設である。特に原油、鉄鉱石などの輸送には輸送費の低減のため、巨大船による輸送が盛んになりこのような要請は今後も増大するものと考えられる。このような巨大船が係留するために必要な水深は、20~30mあるいはそれ以上であるため通常陸岸から離れた位置に築造され、したがって、防波堤などのしゃへい効果を受け

* 工博 運輸省港湾技術研究所構造部長

論 説

ないものが多い。シーバースの持つ役割は船舶の安全な係留と大量な原材料、原油の効率的な荷役であり、このためシーバースに必要な施設機能としては、船舶の接岸施設機能、船舶の係留施設機能および貨物の荷役施設機能などがあげられる。さらに構造様式の上では栈橋構造、ドルフィン構造などの固定式シーバースとブイ型式の浮標式シーバースとに分類される。

このようなシーバースの在来の係船岸にない特殊性を設計面についてあげるとつぎのようになる。すなわち、i) 船型の大型化に伴って船舶の接岸エネルギーが膨大なものになるが、これの吸収システムの開発、ii) 柱状構造物に作用する波力、揚圧力の評価とそれに対する設計計算、iii) 係留中船舶に働く波力、iv) 波による繰返し応力の発生に伴う材料疲労の問題および v) 動的解析による耐震設計法などの問題がある。

渡海長大橋リヨウとしては、現在までに数多くその施工例を全国各地で見ることができ、数年前までは、設計もさることながらその施工面から、海を渡る橋リヨウを計画する場合、その基礎を水深の比較的浅い海中または陸上に設けて1スパンで飛ぶような形式のものが多かった。このため、架橋計画のできる場所もおのずから制限があったが、最近、大規模な施工機械の開発により、潮流力、波力そして水深の大きな個所での海中基礎の施工が可能となり、上部工も大型のクレーン船やバージの建造により大ブロック架設法が採られるなど、架橋可能な個所も飛躍的に広がってきており、本州四国連絡橋をはじめとして全国各地で海峡連絡橋が施工、計画されている。

海底パイプラインを敷設する技術が本格的に開発されたのは1960年代であり、その技術的な開発の拡大に伴って敷設延長も飛躍的に伸び、現在世界の海底パイプライン長さは約10,000 kmに達している。わが国でも近年来、海底パイプライン敷設が種々の輸送用途として敷設長も増えているが、その規模、技術については欧米の初期の海底パイプラインの発展経過と同様に、河川横断方法をステップとした技法によるところが多い。最近、石油パイプライン事業法が制定され、施行令による技術基準(案)も詳細にわたって検討が進められているが、海底パイプラインについては、海底敷設方法、敷設位置、埋設深さ、掘削埋戻し、管の間隔などが簡単に規定されているにすぎない。

近年、海洋における資源開発やスペース利用のため、いろいろの**海上作業台**が開発され利用されるようになった。なかでも歴史が古くてますます発展を遂げているのは海洋石油掘削装置である。海洋石油掘削に使用される作業台は、その設置稼動水深、気象海象条件、海底土質などの自然条件に応じて、(i) 固定式、(ii) 移動式に分類され、固定式は栈橋付プラットフォーム、テンダーバージ付プラットフォームおよび自載式プラットフォームに分類され、移動式は着底形、甲板昇降型の接地式と船およびバージ型と半潜水型な

どの浮上式に分類される。発展の順序は固定式、移動式の順に開発され、現在最も盛んに使用されているのは、着底型、甲板昇降型などの接地式海上作業台である。

沈埋工法が初めて水底トンネルに採用されたのは1893年であり、その後、水路や航路を横断して連絡する手段としてその利点が認識され、現在世界の沈埋トンネルは50数例を数えるに至っている。わが国においても、安治川河底トンネルを初めとして現在施工中のものを含めると10本以上の沈埋トンネルが建設されているが、大規模な本格的沈埋工法が普及しはじめたのは1960年代後半にはいつてからである。将来の傾向としては沈埋トンネルが順次長大化していくことが予想され、またわが国特有の問題として沈埋トンネルの耐震設計法の開発が急がれることとなるであろう。

海上空港とは、海上に建設される空港のうち、完全に周囲を海で囲まれたものをいう。ただし、周囲をとりまくものは海水ばかりとは限らず、湖水の場合もあり得る。

沿岸からの距離は騒音、公害などの社会的制約、沿岸との連絡輸送手段などの経済的制約が大きな要因となって決定されるが、技術的にも海象、気象条件あるいは海底地盤条件などによっても支配される。海上空港を建設技術面から分類すると、(i) 築堤干拓方式、(ii) 埋立方式、(iii) 栈橋方式、(iv) フローティング方式および(v) 海中構造物方式などに分けられるが、それぞれの構造型式ごとに長所、欠点を有し、社会的、経済的条件に加えて、技術的要因も含めて構造様式を決定せねばならない。海上空港の発想は決して新しいものではないが、本格的な海上空港として建設を完了したものはなく、近い将来新関西国際空港などで実現が期待される。

人工島の歴史は古く、わが国では江戸時代末期における台場の構築に始まっている。明治時代にはまた東京湾の入口に同じく国防上の目的で三つの海堡が設けられた。

戦後にはいと終戦後の経済復興の一翼として石炭の増産が叫ばれ、有明海の海底の石炭を採掘すべく三井鉱山(株)によって第1人工島が築造され、その後も同様の目的のために第2、第3の人工島を築造した。また日鉄鉱業(株)も同時期に有明海人工島を築造してきた。このように、過去の人工島の歴史はいずれもその時代に即応した国情を反映している。最近では、海洋資源開発の基地としての、あるいは地域開発と交通緩和のための海洋横断道路網の中継拠点として、さらには海洋性レクリエーション基地としての大規模な人工島の必要性はますます増大していく傾向にある。

以上、海洋構造物の現状と将来について施設別に述べてきたが、本文の記述にあたって「海洋開発における基礎構造物の現状—1973年版(第3分冊)—設計基準および事例」(土質工学会にて出版準備中)を参考にさせていただいた点が多い。ここに各章の執筆者に対して深甚なる謝意を表したい。

(原稿受理、1973.7.31)

土と基礎、21—9 (197)