

人工島について

Artificial Islands

佐久田 昌昭*

1. はじめに

アジアと欧大陸を結ぶ“国際ハイウェイプロジェクト”は、文鮮明先生提唱の全人類の東西南北一家族という理想を実現する為にアジア・欧大陸の諸国相互にその国民の戸口から戸口と直接連結する構想である。その中で最も技術的な興味が集中するのは、日韓を結ぶ“海峡トンネルプロジェクト”である。

日韓の連絡は大古からの船便から最近の航空便に至るまで、色々と開発され実用化されてきている。その結果として、日韓両国民の文明・文化的密接な結びつきを始め種々の歴史的成果を挙げて来ている。“速く”、“安全に(確実に)”、そして“安価に” 対岸に到達するため全体交通システムが、その時代々々の英智を集めて工夫され、膨大なエネルギー(人材と経費)を投入され実施されて来た2000年以上の歴史を持っている。

現在は、釜山と九州間の連絡船を始め、西日本各地とソウル・釜山を結ぶ直交航空路に至るまで開発されて来ている。最近特に急上昇を見せている毎年の膨大な貨物量と大量の人間の往復の実績がある。

* 日本大学教授

このような現状からすると“海峡トンネルプロジェクト”というのは単に交通手段の一部と考える場合、所謂“屋上階を重ねる”の感があるが、その戸口から戸口へというハイウェイの特長を考慮して見る時、始めて“その土地・風土になじみながら”というメリットが加わることが理解出来る。

日本本土と韓国の間は、巾210kmの海峡になっているが、その中間に壱岐・対馬の両島があり、その間3つの海峡(水道)即ち、壱岐水道、対馬東水道・対馬西水道(大韓海峡)に分割されている。その各々は巾17km、47km、68kmの水道で、最大水深は各々50m、100m、120mとなっている。これらを橋梁方式、沈埋トンネル方式・海底トンネル方式の3つの構造方式からの選択・組合せで連結しようというのが、全体構想である。

先ず本プロジェクト推進の為の自然条件の調査、人文社会に関する現況調査が先行するわけであるが、これらについては、既に1982年から組織的・計画的に実施され、完了した部分から逐次公表されている。気象・海象は既存の資料をもとに新しい局所的な計測資料を加えることにより、略完了したところであるが、地象については、調査結果資料の検討を行い、特に海底トンネル方式と想定される壱岐・対馬間の対馬東水道、対馬・韓国間の対馬西水道(大韓海峡)間のルート決定の

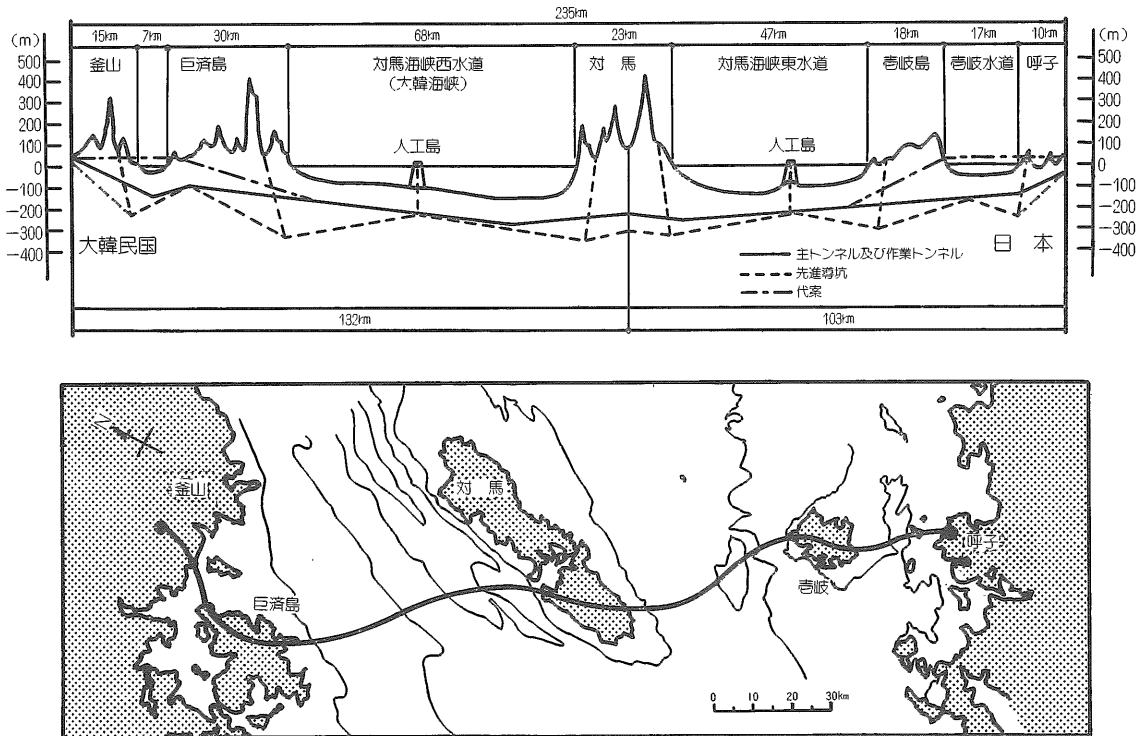


図1 日韓トンネルルート (案) 縦断・平面図

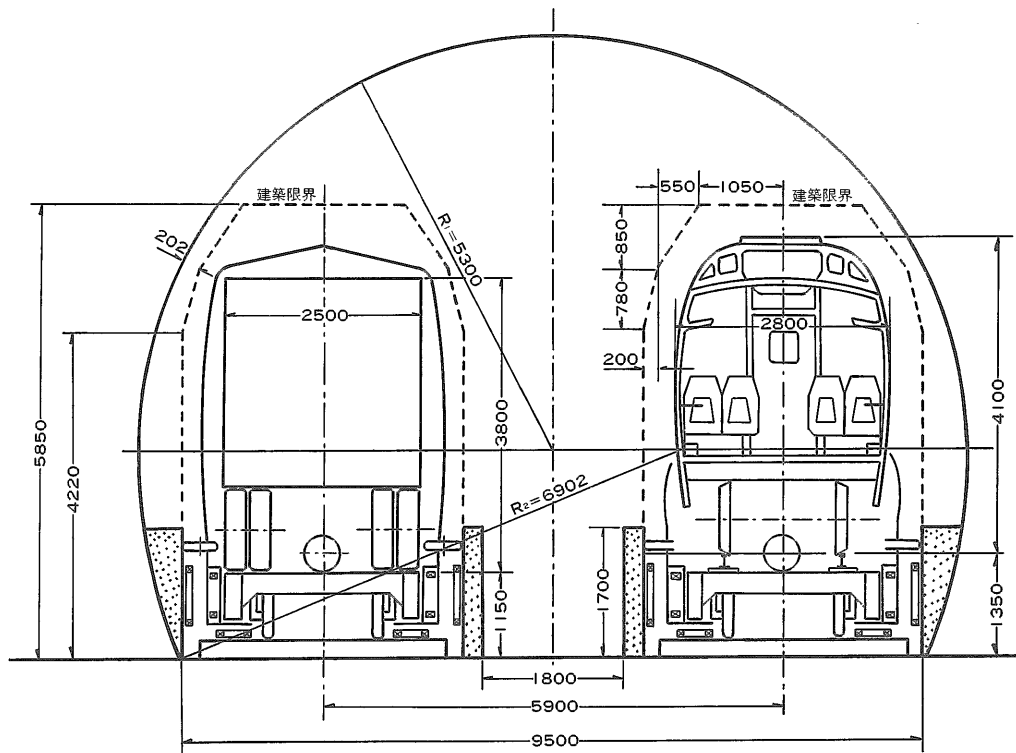


図2 Mag. Lev. カートレイン標準断面図

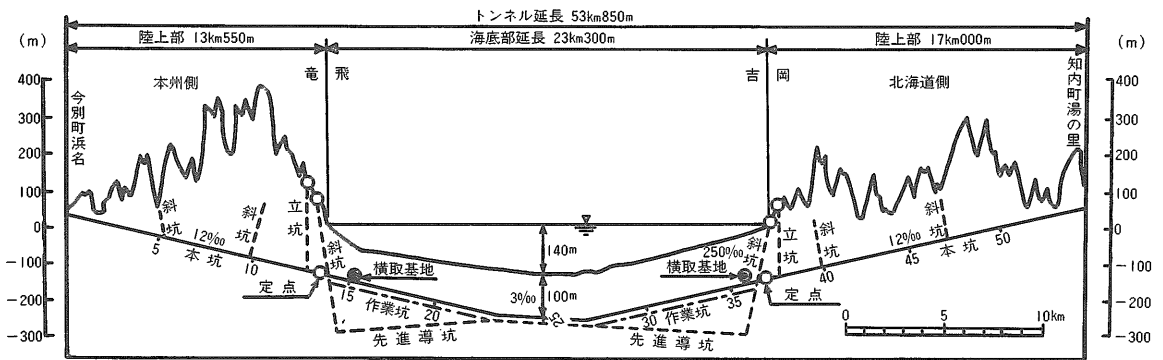


図3 青函トンネル縦断面図

為の討議が専門家グループで行われているのが現状である。尚、韓国サイド側からの資料提供も今後期待され、両国専門家グループの間の討議も必要とされている。¹⁾ (図1参照)

交通システムとしては、自動車交通それ自体から始まり、カートレーン方式、新幹線方式、磁気浮上式リニアモーターカーを台車としての、新幹線車輻搭載トレーン方式、更に未来のエアチューブ方式に至る迄、各種の方式が提案されているが、関連技術・開発内容の実証化の動向を勘案しながら検討を進めているところである。²⁾ (図2参照)

何れにせよこのような大規模・長期プロジェクトの場合、社会条件の変化と技術レベルの変化を考慮してのプロジェクトの総括と評価が必要になってくるわけであるが、その作業の中で“実証された、実施採用し得る信頼性のある技術開発をどのように前以て予想・予測し得るのか？”が最大の問題点となってくると考えられる。これは直ちに全体構想の“コスト対比効果”となって本プロジェクトの稼働時に致命的な影響を及ぼす結果になるわけである。

これらのリスクを回避し“コスト対比効果”を可能な限り精度の高い因子として極小値を狙う為には、現時点で“施工期間の短縮”ということが、重要な項目の一つとして浮上してくる。

青函トンネルは本坑掘削開始から15年間の建設期間を要し、北海道側の斜坑掘削開始から21年目に使用可能になった歴史を持っている。トンネ

ル延長54km、海底部延長23kmであった(図3参照)³⁾。これに対し、日韓トンネルは、トンネル延長240km、海底部・対馬西で68km、対馬東で47kmである。このような比較からも、海峡の中央部に人工島を造成し、工期の短縮を計ると共に、竣工後稼働時の換気塔、展望塔(観測塔)制御塔等にも利用しようという構想が生れてくる。⁴⁾

以上の経緯もあって“工期の短縮と交通システムの効率化”の討議が継続的に必要になってくる。技術的検討の立場から、ルート選定・交通システム選定および施工期間について若干論じたが、技術開発のテンポは常に活発である。英仏海峡トンネル計画もいよいよ着工となり、各種資料が順次差支えない範囲で公表されることになろうし、青函トンネル計画も完成した現在、施工記録も同様に公表されることになろう。これらを慎重に検討して対応しなければならないが、実証された技術を尊重しながら、それをもとに新しい技術開発とその実証の場としての日韓トンネルプロジェクトを志向すべきであろう。

本文はこのような意味のなかの一章として“人工島”計画を以下論じて見る。

2. 人工島計画

人工島は(MAN-MADE-ISLAND)と称し、人工的に造成した島を総称するが、その内容を検討するため分類を試みて見る。

2.1 人工島の位置による分類

人工島が付近の陸地（本土）からどの程度離れているか？で「沿岸人工島」と「沖合人工島」に分類する。またこれは機能的に、附近的陸地に従属する形で機能するか？独立して機能するか？で分類する場合にも用いられる。（人工島と付近陸地との相互関連機能による分類）

2.2 人工島の構造様式による分類

人工島の構造様式は可能性から論ずると数多く挙げられるであろうが、現時点で実証され、日本近海で適用でき（日韓トンネル中間人工島としても適用できる）、且つ実施可能なものを主として分類する。

「埋立式人工島」「ジャケット式人工島」「ケーソン式人工島」の3種に大別されよう。更に海底へ密着しているか、分離（浮いている）しているか、とも分類されるが、トンネル中間人工島としては、海底へ密着か、海底へ接していることが条件となる。水深が50～100mで、海底表層を除去して岩盤かそれと同等な堅く締った礫層を得ることが出来れば、施工は好ましい条件となる。

(1) 「埋立式人工島」

「埋立式人工島」は、図4に示す様に海底表層の軟弱な層を除去したあと、それに替わる砂利を充

填し、その上面を均一に均し人工地盤を建設し、更に陸上のスリップウェー又は海岸のドックで建造し進水浮上させたケーソン（函体）をその上部まで曳航し、沈設した混成堤型式で護岸を建造し、この護岸構造物で閉鎖した海域に土砂（或は固型廃棄物）を充填し、海水と置換えることにより人工の土地を造成しようとする方式である。⁹⁾

この混成堤形式に替わり、鋼矢板や鋼製セルで護岸を建造する形式も盛んに実用に供されている。何れにせよ人工島の周辺に海水と土砂を区別する護岸切構造物をめぐらし、その切の中に土砂を海底からポンプ船で海砂を充填するか、陸上から山砂（山を削って得た砂）を海上運搬（船又はパイプ）で充填するか、或は廃棄物を海上運搬で切内まで持ち込むかで新しい土地を創成しようというわけである。最近の実例としては、神戸の“ポートピア人工島”、鶴見の“扇島”があり、東京湾での第10号～の人工島も殆どこの方式で創成している。

護岸構造物については、数多くの実績が積み上げられ、更に防波堤構造物との共通技術を考慮すると最も知見（経験）の多い、信頼性大なる方式であろう。

水深が深くなるにつれて施工が困難になるが、水深20m以上の施工も、碎石を積み上げての人工地盤の設計・施工法の開発、大型ケーソン工法の

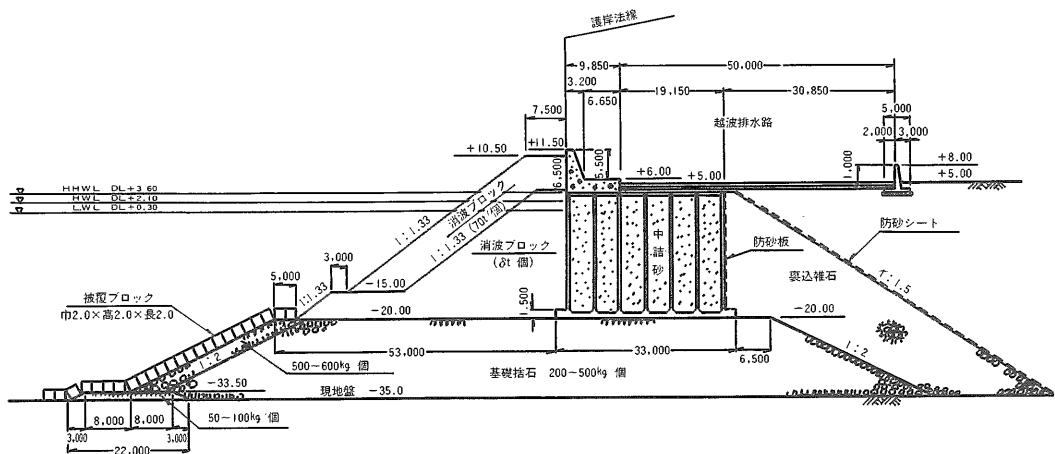


図4 混成堤式護岸（水深35M）例

開発等のサブシステム開発で漸次経済的に可能になってきた。沖合人工島計画としては、我国の場合、各地の遠浅の海岸線で活発に企画立案されその一部は実施を前提に調査作業中のところも多い(例として下関・北浦人工島計画、清水湾沖人工島計画等々)。

特長としては、比較的安価に平坦な土地が造成し得ることであるが、その反面海水と置換えた土砂が年を経るにつれて沈下する現象(圧密沈下現象)が避けられないことと、地震時の人工地盤の挙動に若干の不確かが残っていることである。土砂或は充填物の性状によってこの沈下量は予想できる(ディズニーランドの場合、25年間で1.2m程度と言われている)。沈下は年々進歩するわけであるが、その上に建造される建物の地下構造物、基礎構造物によっても、その周辺の沈下量に影響を及ぼすことも当然予想される。

地震の場合の土砂の流動化現象にも相当の配慮が必要で、高層建物、超高層建物を計画する場合には人工地盤および原始地盤(海底面以下の地盤)の改良法が必要になってくる。

全体としての均一な地盤沈下はまだ処理し易いが、不同沈下現象は連絡用ダクトパイプ類の処理が困難になり仕末がやっかいになってくる。

埋立方式の人工島と海底トンネルとの連絡法

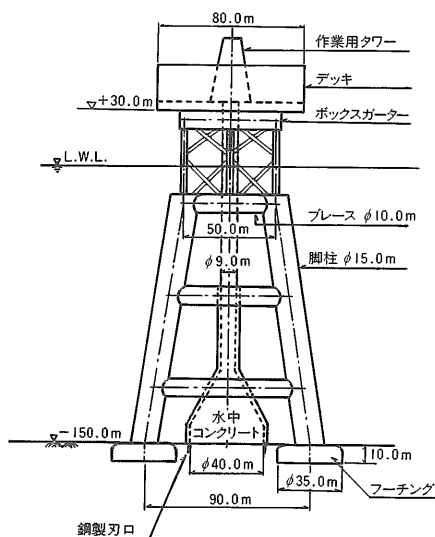


図5 ジャケット式人工島

は、斜路、垂直リフト路等が考えられる。

比較的浅い海域の場合、有用で且つ利便性に富む方式と言えよう。

(2) 「ジャケット式人工島」

「ジャケット式人工島」は、図5に示す様に、海底面にジャケット構造物の脚の先端をつけ、その構造物の中心に大型の円筒を設置し海底面の表層の下の岩盤かそれと同等な硬くしまった礫層に、その円筒の先端が接する様に沈め、その円筒と原始地盤を堅く結合させて一体化した構造物になる。³⁾

ジャケットの構造は鋼管・鋼材或はRCコンクリート造等の各種の材料が考えられるが、海面付近の波力の加わる箇所はなるべく細く、受圧面積を小にすることが必要である。また海面上に突出する構造物についても、風力の加わる箇所については、海面付近の波力と同様の配慮が必要である。

陸上で建造したジャケット或は仮組立てしたジャケット構造の部分々々を、海上(浮函付曳航、台船上曳航等の方法)で、所定海域まで運搬し、浮函を外すか、台船から進水沈設する方法で海底面に脚の先端をつけ、杭等で固定する。その後、前述の円筒構造物を中央部に建込むことになるが、前以てこの中央部構造をジャケット内に組み込んでいる場合もある。

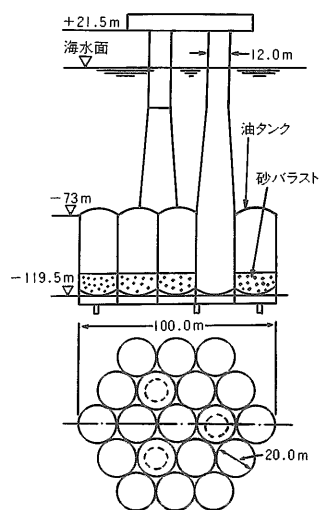


図6 ケーソン式人工島

(北海海底石油掘削採油用ベリリ油田構造物)

何れにせよ埋立方式に比較し、期間は短くなり、従ってその効果も大である。しかし、海面上に突出する構造物で確保される空間は限定され、多種多様な利用法は考えられない。

また全体の重量と安定性から、海上航行中の船舶との衝突、台風地震時の損害が、人工島の設置目的の機能迄侵すということは避けなければならない。垂直円筒の機能が損害を受けぬ様なことのない様、万全の方策をとるべきであろう。また此のジャケット構造物を複合化し、海上で設備空間を十分確保し得る様な工夫も必要であろう。

(3) 「ケーソン式人工島」

「ケーソン式人工島」は、図6に示す様に、図の円筒部分がそのまま独立し、周辺のジャケット構造物を除去した形になっている。この方式は現在最大水深150mまで実施されているが、何れも鉄筋コンクリート造で、主要部分はプレストレストコンクリートで建設している。⁹⁾

欧州の北海で十数ケの海底石油掘削採油用ケーソン構造物が建設され、この大水深ケーソン式工法が確立された。

ケーソン中央部に円筒を下し、海底岩盤か或はそれに準ずる様な硬くしまった礫層まで到達させ、前述のジャケット構造物の中央円筒と同様に地底のトンネル部分を連結させることができる。

この方式は海面上にて得る空間は、上部構造の設計法によっては中規模の空間の確保が可能で、更に比較的重量が大である故、船舶との衝突、漂流物との衝突について（勿論このような事故にはあらゆる手段を設けて避けなくてはならないが）の安全性は大である。

水深100m前後の人工島の場合、大韓海峡（対馬西水道）の中央部の大水深の中央に設置可能である。

既述の如く数多くの実績があるが、すべて北海に集中している為、我国では未経験な点が残念である（現在ではノルウェーの企業と英国、オランダ、フランスの連合企業が経験豊かである）。

3. おわりに

以上で人工島の内容を理解する為の若干の分類法と、その各々の方式（本文では3方式）について概略とその特長を述べた。

何れも日韓トンネル計画では、工期を短く、確実に安全に、且つ経済的に実施する為に必要な、既に技術面では実証されている構想であろう。しかし、詳細はまだまだ検討工夫すべきことも多い。関連各研究開発機関は相当なエネルギーを投入して、先行投資的にこれらの技術開発を推進している。その開発予測法を確立し、予想された時期に、予想された技術開発が、既の実証されたレベルで供用出来るように今から心掛けたいものである。

古人曰く“大事は成る時に成るにあらずして、その因なるや遠旦つ微”である。関係各位のご健闘を祈ると共に、この拙文に対してもご批判をいただきたいと考える次第である。

〈引用文献リスト〉

- 1) ルート選定に関する合同会議資料、1987.4
- 2) 日韓トンネル計画設計基礎資料、1985.3、小沢兼悦、サンコーコンサルタント社
- 3) 日韓トンネル人工島計画概略検討報告書、1985.3、林道夫、ケイエムエンジニアリング社
- 4) 海底トンネル工事における水中ケーソンの使用、J.V.ハリントン、W.L.ボハンナン、和訳、日韓トンネル研究No.4、p159～p178
- 5) 統・新しい国土の創造——沖合人工島に関する調査報告書（Ⅱ）、1982.6. 運輸省、通商産業省、経済団体連合会海洋開発推進委員会、鋼材倶楽部。
- 6) OCEAN INDUSTRY '74 FEB. "NORTH SEA REPORT".