

“한일 합동 기술연구팀 조직, 해상조사 필요”

-한일터널 계획의 기술적 과제와 해결책-

후지하시 겐지(藤橋健次) | 일한터널연구회 상임이사, 기술사(건설부문)

한일터널 프로젝트란 일본 규슈 북부와 한국의 부산 및 거제도 주변 지역을 해저터널로 연결하려는 대형 인프라 구축 사업이다. 총길이 약 270km 가운데, 해저부 약 150km 구간에 4군데의 해저터널이 뚫릴 계획이다. 해저터널의 길이는 최대 60km이며, 세계 해저터널 중에서 가장 길다. 그래서 현재의 첨단 터널 굴착 기술력으로도 난공사가 예상된다.

한일터널은 세계 해저터널 사상 최대 규모

터널 계획을 세울 경우 가장 기본적인 조건으로 고려되는 것이 단면 형상과 크기, 종단 경사비율, 그리고 루트에 따른 곡선 반경이다. 물론 용도에 따라 그 규모가 완전히 달라질 수 있다.

한일터널을 구상할 때 터널 용도에 대해서는 불명료한 점이 없지 않다. 예를 들면 현재 기술적인 가능성으로 봐서 교통수단으로 자동차, 고속철도, 리니어 모터를 떠올리지만 이들은 각각 특징이 있어 당연히 설계상 조건도 크게 달라진다.

해저터널의 기술적인 제약과 함께 건설비용에도 결정적인 영향을 미친다. 그리고 이들 터널을 이용하는 운송수단은 각 지역에서 교통 인프라를 형성하는데 중요하기 때문에 해당 지역의 국토 또는 도시계획, 더 나아가 지역 계획과의 정합성(整合性)이 포함되어야 한다. 구체적으로 말하면 일본 규슈 북부와 한국 부산시 그리고 경상남도 주변을 잇는 교통 인프라 구상을 기본 틀로 해서 양쪽 지역의 합의에 의해 한

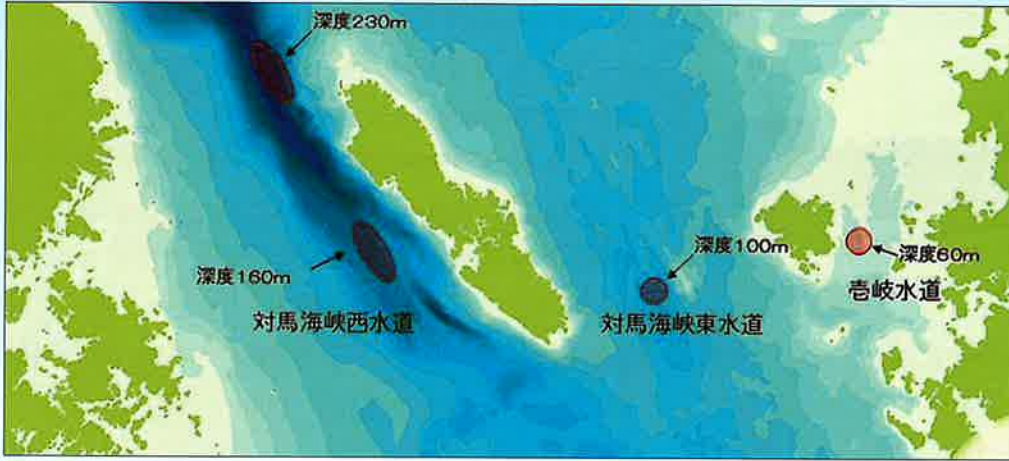
일 양국의 사회간접자본을 구축해야 한다는 것이다. 따라서 양쪽 지역에서의 장래 사회·경제 상황으로 예측되는 교통 인프라의 요구, 실현 가능한 기술적인 능력, 종합적인 라이프 사이클 비용 등을 고려해야 한다. 이들에 대한 연구는 향후 계속 진행되어야 할 것이다.

현 상황에서 한일터널 프로젝트의 각종 조건을 고려할 때 고속철도, 셔틀열차, 화물열차 등이 터널 교통수단이 될 것이다. 그런 점에서 선형 구조물인 해저터널의 설계상 레이아웃을 짚어보고자 한다. 그러한 터전 위에 그것을 둘러싸고 있는 자연환경에 대한 기술적 과제와 문제점을 추출하여 현재의 터널 기술에 의해 어떠한 해결책이 있는지를 알아보하고자 한다.

토목 구조물을 구축할 때에 고려해야 하는 자연환경조건이란 그 구조체를 지지하는 지반 상태, 풍우나 외부공기 영향, 지진·해일·화산 등의 자연재해, 그리고 구조물 자체의 영향 등을 말하며, 자연 환경 평가 역시 중요한 요건이다.

해저터널의 종류는 바다 속에 건설하는 해중터널, 해저면에 침설하는 침매(沈埋)터널, 해저하의 지중을 굴착하는 해저터널 등이 있는데, 이들이 자연환경과 관련되는 방식도 각각 다르다. 한일터널에서는 일부 침매터널 방식이 채용되는 것 외에는 대부분 해저 하의 지중을 굴착하는 해저터널이 핵심이 될 것이다.

한일터널 계획을 검토하기 위해서는 예상 루트상의 해저 아래의 지질 정보가 반드시 필요하다. 구상중인 한일터널 건설에는 해저터널 이외의 구간도 물론 있지만, 그러한 구간은 일



한일터널 구간의 수심 측정도.

부를 제외하고 일반적인 계획 설계 조건을 이용하면 충분하기 때문에 여기에서는 해저터널 구간에 한해서 정리하기로 한다.

한일 해저면 현무암이 덮고 있어 조사 필요

규슈 북부 사가현 가라쓰에서 이키까지의 해역을 이키 수도(水道)라고 부른다. 이 구간은 해상 거리가 약 28km이고, 수심은 60m 정도이다. 해저 아래 지질은 사암(砂岩), 이암(泥岩), 혈암(頁岩) 등이 호층으로 퇴적되어 있으며, 균데균데 화산성 관입암인 현무암이 해저면을 덮고 있다. 이것은 탄성파 속도에 있어서 고속도대 지질이 저속도대 지질을 덮고 있는 상태로, 해상으로부터의 탄성음파 탐사의 정밀도를 저해하고 있는 요인이기도 하다. 따라서 한층 더 조사와 해석이 필요하다.

이키에서 쓰시마까지의 해역을 쓰시마 동수도라고 부른다. 이 구간은 해상 거리가 약 51km, 수심은 100m 정도인데, 중앙 부근에 조금 얇은 60m 정도의 여울이 있다. 이것은 화산분화로 인해 주위보다 관입해서 올라와 형성된 여울이며, 분화과정에서 엄청난 파쇄대(破碎帶)가 생겨 투수성이 높은 지산(地山) 상황이 예상된다. 퇴적층으로서는 이키로부터 승본층(勝本層), 쓰시마로부터 퍼져 있는 대주층(對州層) 군이 혼재해 단축압축 강도는 30~80Mpa 정도이다. 강도는 문제가 없다고 해도 화산성 열수 변질대의 확인과 분포상황의 파악이 요청된다.

쓰시마에서 부산, 그리고 거제도까지의 해역은 한국에서 동

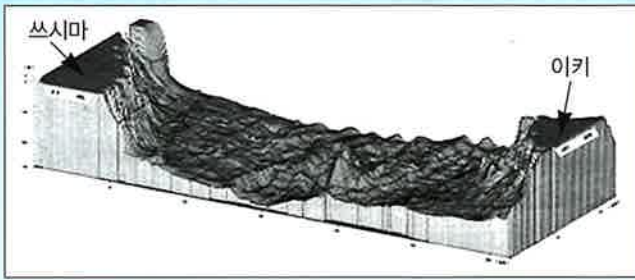
해라고 부른다. 당 해역이 바로 한일 간 국경지역이다. 쓰시마에서 부산까지의 해상 거리는 50여km이고, 수심은 상정되는 루트 상 장소에 따라 다르지만 150~240m 정도이다. 쓰시마 서해안에는 거의 평행으로 된 단층이 확인되고 있고, 한국 양산단층의 해역에 대한 영향도 상정된

다. 그 이상으로 중요한 것은 거의 전 해역을 탄성파 속도 2km 정도 밖에 안 되는 연약층이 1,000m 이상 퇴적하고 있다는 사실이다. 물론 그 퇴적 상황은 고결상황에 대한 물리적 상태가 명확하지 않는 이상 기술적인 견해를 설명하기란 쉽지 않다. 그러나 한일터널 프로젝트 구상을 논의할 때 그 가능성에 대한 필수 요건도 되기 때문에 거듭 그 문제성을 검증하여 보겠다.

해저터널 건설 기술은 지난 수십 년 동안 비약적으로 발전하였다. 또 육상 터널에서는 기술 향상과 함께 건설 비용도 크게 개선되었다. 일본 국내의 경우 30년 전의 소비자 물가를 지금과 비교하면 2배 정도가 뛰었는데, 터널 건설비용은 거의 변동이 없다. 다른 물가와 비교해도 상대적으로 저렴하다. 기술 향상 문제도 20년 전만해도 이키를 통과할 때 육상부에 통과거점(육상 역 등)을 만드는 것은 거의 불가능했지만, 현재는 그것이 가능하게 되었다. 또한 기술 향상에 따라 루트 선정 작업에서도 선택 여지가 대폭 넓어져 공사기간 단축도 극적으로 개선되었다.

장대터널이어서 구간 분할 작업 불가능해

눈부신 기술적인 진보를 이뤄왔음에도 동 프로젝트에는 아직도 많은 기술적 과제와 문제점이 상존한다. 가장 기본적인 문제점은 한일터널이 해저터널로서는 장대(長大)하다는 것이다. 육상 장대터널의 경우 수갱 또는 사갱 등 작업갱을 가설하므로 공사구간을 분할해 작업 구간을 단축할 수 있는



쓰시마 동수도 조감도.

데 반해, 해저터널은 인공섬을 가설하지 않는 한 불가능하다. 만일 공구를 분할한다고 해도 본궤에 선진하는 작업갱이 필요하며, 그 작업갱 자체가 장대하기 때문에 역시 작업 구간이 길어진다. 이 프로젝트의 해저터널 최대 거리는 해저 아래 거리가 60km에 이르는 곳도 있으나, 이 경우 한 작업 구간 거리는 30km가 된다. 물론, 이것은 세계에서조차 전례가 없다. 터널을 시공할 때 작업구간 거리의 장대화는 시공기술, 안전대책, 건설비용, 자연환경에의 부하 증대, 작업원의 건강, 기타 여러 가지 문제를 유발 또는 증대시킨다.

이상의 기본적인 문제에 더하여 각각 지역적인 공사구간 문제를 지적하겠다. 이키 수도는 사세보층군(佐世保層群)으로 불리는 퇴적층이 펼쳐져 있다. 터널을 시공할 때 강도와 시공성에 대해서는 특별한 문제점이 없다. 하지만, 화산성 지질인 현무암 등에 의한 관입대가 파쇄되어 그 부분에서 해수가 침입하기 때문에 터널 시공에 중대한 영향을 미친다. 위에서 언급한 바와 같이 해저면을 현무암 등 탄성과 속도의 고속대가 하층면의 저속대대를 덮었을 경우 데이터 정밀도가 낮아질 수가 있다. 그러한 문제 부분이 정확하게 파악되지 않기 때문에 한층 더 세밀한 조사와 해석이 필요하다.

이키와 쓰시마 중앙 부근에 시치리가소네(七里ガ曾根)라고 하는 해저 화산에 의해 조성된 여울이 있다. 이 주변에는 화산성 열수 변질대가 보인다. 이들은 파쇄대를 만들어 투수성이 높은 지산을 형성하여 해저터널 계획 루트 대상으로 하기에는 부적절하다. 그 외의 퇴적층은 대개 양호한 지질 상태이다. 이 구간도 해상 거리가 50km 이상의 장대터널이 되기 때문에 시공을 위한 가설 계획 등에는 충분한 검토가 요청된다.

당 해역의 해저터널 계획에 대해서는 기술적으로 몇 가지 큰 문제가 남아 있다. 첫째는 수심, 수압, 해상거리 등 규모

로 봐서 세계적으로도 경험이 없다는 점이고, 둘째는 일본과 한국의 상정 루트가 다르다는 것이며, 셋째는 계획 책정을 위한 자연정보가 충분하지 않다는 점이다.

동 프로젝트에서 가장 큰 기술상의 과제는 무엇일까. 수압이 2Mpa 정도 이상, 탄성과 속도 2km인 연약층에 대한 해저터널을 시공하려면 난공사가 예상되는데, 그것을 해결해야 된다는 사실이다. 연약층에서의 터널 시공은 실드 머신이 채용된다. 현재까지의 실드 머신 실적은 수심 60m 정도에서의 경험밖에 없다. 또한 그 수심과 해저하 지중 깊이(토피)를 설정하려면 해저하의 지질 상태, 지산의 물리적 상태 등이 명확해야 한다. 현재의 구상 단계에서 그러한 데이터를 요구하는 것은 무리가 있지만, 시공의 기술적 가능성을 검토하기 위해서는 좀 더 정밀도의 정보가 필요하다.

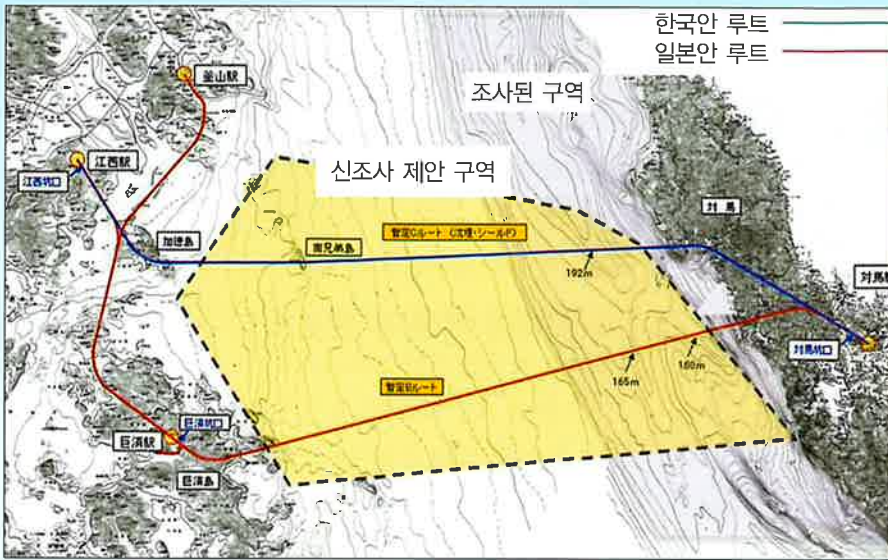
이상으로 현재 파악되고 있는 대표적인 한일해저터널 건설 시공 상의 기술적 문제점과 과제를 살펴보았다.

수압에의 대응과 연약층 극복이 최대 관건

다음으로 이러한 문제점들에 대한 해결책과 기술개발 가능성에 대하여 알아보려고 한다. 앞에서 열거한 이키 수도와 쓰시마 동수도의 해저터널 설계 시공에 대해서는 현재 기술을 응용 개발하면 충분히 가능하다고 생각된다. 따라서 여기서는 쓰시마 서수도(동해) 해협에서의 해저터널 건설과 설계 시공상의 문제, 해결책 등에 대하여 설명하고자 한다.

쓰시마 서수도 해저터널 건설 및 시공에서 주된 문제와 과제를 정리하면 △계획을 위한 기본적인 자료(지질자료) 부족 △터널의 장대성 △수심과 토피의 관계에 있어서 영향 파악 △수심에 의한 수압이 실드 머신, 또는 TBM 가동에 미치는 영향 △연약층에서 머신의 대응성 △각종 안전 대책의 검토 △한일 상호 자연조건에 관한 정보 공유 등으로 분류할 수 있다.

여기서 가장 중요한 과제와 이에 대한 대책은 수심에 의한 수압에의 대응과 연약층 극복이다. 탄성음파 탐사 및 해상블링 등으로부터 예상되는 시공법은 실드 공법이 예상된다. 밀폐식과 개방식 가운데 어느 쪽을 선택해도 지산의 강도와 투수성 정도가 관건이 될 것이다. 지산 강도에 대해서는 지산의



한일터널 루트 및 신조사 제안 구역(안).



자립이 불가능하기 때문에 실드 머신이 채용된다. 그 경우 머신이 노즈다운(nose-down)을 일으키지 않고 정확한 운용을 위한 강도 확보가 가능한지, 또 동결공법 등 지반개량 필요성은 없는지에 대해서도 신중하게 지켜볼 필요가 있다. 그러나 이 논의도 지질 상태가 불명료한 상태에서 확정적인 견해를 나타내는 것은 어렵다. 또 투수성에 대해서도 수심 심도에 의한 수압이 토피 두께와의 관련으로 어떤 영향을 받는지 의문이다. 일단 계산식은 있지만 그 계산식의 신뢰성조차 확보되어 있지 않은 현 상태로서는 직접적인 조사와 실험, 개발 작업에 맡길 수밖에 없다고 생각된다.

일한터널연구회에서는 그동안 이 문제에 대하여 수많은 검토를 거듭해 왔다. 회원 가운데는 60m 이상의 수심과

50m 정도의 토피를 최대 월진(月進) 1,200m를 달성한 TBM 공법 개발에 종사한 기업 책임자가 참가했으며, 개발 과정에서 수두고 200m(약 2Mpa의 수압)의 실험을 실시해 가동에 성공한 실례가 보고되어 있다.

海底下 지질정보 턱없이 부족...
공동 조사 선행돼야

한일터널 구상이 현실화하기까지는 한일 양국의 많은 사회적 합의가 필요하다. 무엇보다 동 프로젝트에 대한 이해가 어느 한쪽에 치우친다면 그것을

저해하게 될 것이다. 일한터널연구회 소속으로 동 프로젝트 연구에 오랫동안 종사해 오면서 느낀 것은, 일본과 한국의 해저터널 구상의 이해 방식에 각각 특징이 있으며, 서로 다른 점을 알게 되었다. 물론 거기에는 장단점이 있다. 현재로서는 한일 양국에 동 프로젝트에 대한 진정한 이해가 깔려 있는 것 같지 않다. 그 최대 요인은 과학기술면에서 구상에 대한 실상이 객관적으로 제시되지 않기 때문이다. 무릇 정치, 경제, 문화, 역사 등 사회적 요소의 이해란 그 실상이 진정하게 이해되어야 진전되는 것이라고 생각한다.

지금까지 한일터널 건설과 관련된 기술상 문제점과 과제에 대하여 논술했지만, 어디까지나 일본 기술자로서의 견해이며, 한국 쪽 견해는 따로 있을 것이다. 동 프로젝트는 국경을 뛰어넘는 프로젝트라는 것뿐만 아니라, 규모 자체도 확실히 세기의 프로젝트이다. 그렇기 때문에 해결해야 할 과제가 적지 않은 것이다.

비교적 객관적인 견해를 얻기 위해서는 한일 합동으로 기술 연구팀을 결성할 필요가 있다. 그렇게 되면 동 프로젝트의 의의도 커질 것이고, 연구에도 탄력을 받게 될 것이다. 현재 당면 과제가 되고 있는 쓰시마 서수도(동해)에 대한 해상 조사를 꼭 한일 합동으로 실시했으면 한다. 상술한 바와 같이 한일 해역의 자연정보 부족 상태는 동 프로젝트의 보다 정확한 이해를 방해하는 중요한 요인이 되고 있다. ㉞

日韓トンネル計画の技術的課題と解決策

特定非営利活動法人日韓トンネル研究会常任理事 藤橋健次 技術士（建設部門）

一、はじめに

日韓トンネルとは、日本の九州北部と韓国の釜山、及び巨済島周辺の地域を海底トンネルによって結ぼうとするものです。

その間、日本の壱岐、対馬の各島を通過して総延長約 270 キロメートルのうち、海底部約 150 キロメートルがそれぞれ四ヶ所の海底トンネルとなります。その海底トンネルも、最大で 60 キロメートルほどにもなり、これは勿論世界で最大の海底トンネルとなり、現在のトンネル技術をもってしても相当な難工事が予想されます。

トンネルの計画をする場合、もっとも基本的な条件として考慮されるのが、断面の形状と大きさ、縦断勾配、そしてルートに沿った曲線半径の大きさです。そしてこれは勿論、その用途によりその規模が全く異なってきます。

日韓トンネル構想が議論される場合、このトンネルの用途についての議論が、些か不明瞭なままに進められて来たように思われます。例えば、現在の技術的な可能性として利用できるものといえば、自動車、高速鉄道、リニアモーターカーが考えられますが、これ等はそれぞれに特徴が有り、当然設計上における条件も大きく異なってきます。この事は、海底トンネルを建設する技術的な制約とともに、建設費用の大小にも決定的な影響を及ぼします。

そして、これ等のトンネルを利用する送体物は、それぞれの社会における交通インフラを形成するもので、当該地の国土又は都市計画、更に地域計画との整合性が図られたものである必要が有ります。

具体的に言えば、それは日本の九州北部と韓国の釜山市、及び慶尚南道周辺を結ぶ交通インフラの構想をフレームとして、両地域の合意により日韓両国の日韓トンネルという社会資本を構築するという事なのです。

従って、両地域における将来の社会経済状況から予測又は期待される交通インフラへのニーズ、実現可能な技術的な能力、総合的なライフサイクルコスト等を踏まえた計画の策定が不可欠となりますが、これ等のことは、今後も更に研究が進められなくてはならないでしょう。

本稿では、現状における当プロジェクトの各種の条件を考慮した場合に、高速鉄道、シャトル列車、貨物列車等が利用されるものとして、線形構造物である海底トンネルの

設計上のレイアウトを考えて見ます。そしてその上で、それを取り巻く自然環境に対する技術上の課題と問題点を抽出し、現在のトンネル技術により、どのような解決策があるかを述べて見たいと思います。

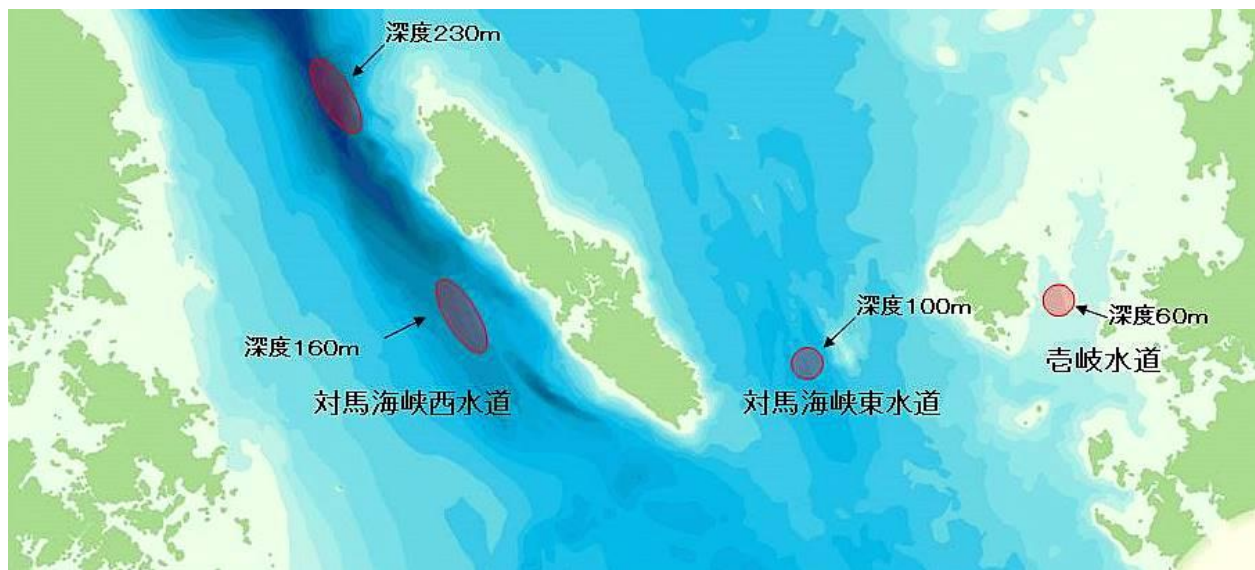
二、日韓トンネルを取り巻く自然環境

土木構造物を構築する場合に、考慮しなければならない自然環境条件とは、その構造物を支持する地盤の性状、風雨や外気から受ける影響、又は地震や津波、火山等の自然災害、そして構造物自身のアウトプットとして自然環境へのアセスメントも重要な要件です。

海底トンネルの種類としては、海中トンネル、海底面に沈設する沈埋トンネル、海底下の地中を掘削する海底トンネル等がありますが、これ等の自然環境への関わり方も各々異なってきます。日韓トンネルでは一部沈埋トンネル方式が採用される他は、殆んど海底下の地中を掘削する海底トンネルと成ります。

こうしたことから、日韓トンネル計画を検討するためには、予想ルート上の海底下の地質情報が是非とも必要になってきます。

構想されている日韓トンネル全線には、海底トンネル以外の区間も勿論有りますが、それらの区間は、一部を除いて一般的な計画設計条件を用いれば足りるとして、ここでは、海底トンネル区間に限ってレポートします。(図—1)



1、壱岐水道（唐津一壱岐）

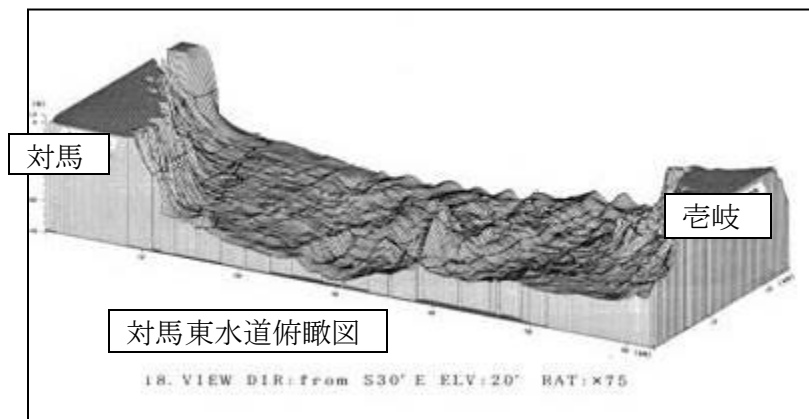
九州北部佐賀県唐津から壱岐までの海域を、壱岐水道と呼びます。この間、海上の距離が約 28 キロメートル、水深は 60 メートル程です。海底下の地質は、砂岩、泥岩、頁岩等が互層として堆積し、所々火山性貫入岩の玄武岩が海底面を覆っております。この事は、弾性波速度における高速度帯の地質が低速度帯の地質を覆っている状態で、海上からの弾性音波探査の精度を阻害している要因とも成り、更なる調査と解析が必要と成ります。

2、対馬東水道（壱岐一对馬）

壱岐から対馬までの海域を、対馬東水道と呼びます。この間海上の距離が約 51 キロメートル有り、水深は 100 メートル程ですが中央付近に少し浅い 60 メートル程の瀬があります。

ここは、火山の噴火によって周囲より貫入しその盛り上がりにより形成された瀬であり、噴火の過程でおびただしい破碎帯を伴い、透水性の高い地山状況が予想されます。

堆積層としては、壱岐からの勝本層、対馬から延びている対州層郡が混在し、一軸圧縮強度は 30~80Mpa ほど有り、強度としては申し分がないとはいえ、火山性の熱水変質帯の確認と分布状況の把握が必要と成ります。（図一 2）



3、対馬西水道（対馬一釜山、巨済島）、東海

対馬から釜山、及び巨済島までの海域で、御国韓国で東海と呼ばれている海域です。

当海域がまさに日韓の国境の海域で、対馬から釜山迄の海上距離は 50 キロメートル余りで、水深は、想定されるルート上によって異なりますが、150~240 メートルほどに成ります。

対馬西海岸には、ほぼ平行に断層が確認されており、又韓国の梁山断層の海域への影響も想定されますが、それ以上に重要な条件として、このほぼ全海域を弾性波速度 2Km 程度しか見られない軟弱層が、1000 メートル以上堆積している事実です。

勿論、その堆積状況は一様ではないのですが、固結状況についての物理的性状が明らかにならない限り、技術的な見解を述べることは困難です。

しかし、当プロジェクトの構想を議論する場合に、その可能性についての必須な要件ともなることから、重ねてその問題性を検証してみたいと思います。

三、技術的な課題と問題点

海底トンネルの建設技術は、この十数年で飛躍的に向上しました。又、陸上トンネルでは技術の向上とともに、建設コストについても大きく改善されて来ました。

日本国内について言えば、30 年前の消費者物価を今と比較すると、現在は 2 倍程度になっていますが、トンネル建設費用はほぼ横ばいで、他の諸物価と比較しても相対的には安価になっています。

更に技術の向上についても、20 年以上前は壱岐を通過する場合、陸上部における通過拠点（陸上の駅等）を儲けることはほぼ不可能でしたが、現在ではそれが可能になってきました。又それらの技術の向上により、ルート選定の作業でもその選択肢が大巾に広がり、工期の短縮も劇的に改善されてきました。

しかし、以上の技術的な進歩を踏まえても、なお多くの技術上の課題と問題点が当プロジェクトには存在することも事実です。

最も基本的な問題点は、海底トンネルとして長大であることです。陸上部の長大トンネルの場合は、立抗又は斜抗等の作業抗を仮設することにより工区を分割し、片押し区間を短縮出来ますが、海底トンネルの場合は人工島等を仮設しない限り不可能です。

又仮に、工区の分割を行うにしても、本抗に先進する作業抗が必要となり、その作業抗自体が長大となり、やはり片押し区間が長く成ります。

当プロジェクトの海底トンネルの最大長は、海底下の距離が 60 キロメートル近くになるところも有り、この場合の片押し距離は、30 キロメートルとなりますが、これは勿論世界でも例が有りません。

トンネル施工の場合、片押し距離の長大化は施工技術、安全対策、コスト、自然環境への負荷の増大、作業員の健康その他、様々な問題を誘発又は増大させます。

以上の基本的な問題に加え、各々地域的な工区での問題について述べます。

1、壱岐水道

壱岐水道は、佐世保層郡と呼ばれる堆積層が広がっています。トンネル施工に際しての強度、施工性については特に問題点はないのですが、火山性地質の玄武岩等による貫入帯が破碎されてそのカ所が海水の侵入を招き、トンネル施工に重大な影響を及ぼしま



す。(図—3)

先に述べた如く、海底面に玄武岩などの弾性波速度の高速帯が下層面の低速度帯を覆った場合は、データの精度が低下することがあり、それらの問題カ所が正確に把握されていない可能性があるために、更なる調査と解析が必要と成ります。

2、対馬東水道

壱岐と対馬の中央付近に、七里ガ曾根と呼ばれる、おそらく海底火山によるものと思われる瀬があります。この周辺には、火山性の熱水変質帯がみられますが、これらは破碎帯を伴い、透水性の高い地山を形成することになり、海底トンネルの計画ルートの対象とするには不適切です。

その他の堆積層では、おおむね良好な地質性状ですが、この区間も海上距離が 50 キロメートル以上の長大トンネルになることから、施工のための仮設計画等には十分な検討が必要です。

3、対馬西水道（東海）

当海域の海底トンネル計画については、技術的な面でも大きな問題が残されています。第一に、水深、水圧、海上の距離等、規模の大きさから見て世界的にも経験されたことがない。第二に、日本側と韓国側の想定されるルートが異なること。第三に、計画策定のための自然情報が充分でないこと等です。

これ等の問題のなかで、現実的に解決されなくてはならない技術上の課題とは、水圧が 2Mpa 程度以上で、弾性波速度 2Km の軟弱層を、海底トンネルの施工を遂行するには重大な懸念が持たれるなかで、それを解決しなくてはならないことです。

軟弱層でのトンネル施工では、シールドマシンが採用されることに成りますが、現在までのシールドマシンの実績では、水深が 60m 程での経験を見るのみです。

又、その水深と海底下の地中深さ（日本では土被りと言います）を設定するには、海底下の地質性状、地山の物理的性状等が明確にならない限り不可能です。

勿論、設計段階ではなく、現在の構想段階でそれらのデータを要求するには無理があるとしても。施工の技術的可能性を検討するためには、もう少し精度の高い情報が必要です。

四、課題克服の為の研究と技術開発

以上に、現状で把握されている代表的な日韓海底トンネル建設の施工における技術上の問題点と、課題をあげてみました。

次に、それらに対しての解決策と、技術開発の可能性について述べますが、1 の壱岐水道、2 の対馬東水道の海底トンネルの設計施工については、現状の技術を応用、開発をもって充分可能と思われまますので、紙面の都合も有ることから、対馬西水道、（東海）の海峡での海底トンネル建設、設計施工上の問題と課題解決策について述べたいと思います。

まず、対馬西水道の海底トンネル建設、施工での主な問題と課題をまとめると、以下のようになります。

- 1、計画の為の基本的な資料（地質資料）の不足
- 2、トンネルの長大性
- 3、水深と土被りとの関係における影響の把握
- 4、水深による水圧がシールドマシン、又は TBM の稼働に及ぼす影響
- 5、軟弱層へのマシンの対応性
- 6、各種安全対策の検討
- 7、日韓相互の自然条件に関する情報の共有
- 8、その他

これ等についての詳細な考察は、改めてレポートしたいと思いますが、最も主要な課題と必要となる対策は、水深による水圧への対応と軟弱層の克服です。弾性音波探査及び海上ボーリング等から予想される施工法は、シールド工法が考えられるのですが、密閉式、解放式の何れを取るにしても、地山の強度と、透水性の程度が鍵になりそうです。

地山の強度については、地山の自立が不可能なことから、シールドマシンが採用されます。その場合、マシンがノーズダウン等を起こすことなく健全な運用を支える強度の確保が可能であるのか、又、凍結工法等の地盤改良の必要性についても慎重に見極める必要があります。

しかし、この議論も地質性状が不明の状態では確定的な見解を示すことは不可能です。

又透水性についても、水深の深度による水圧が、土被り厚との関連でどのような影響を被るのかは、一応計算式はあるものの、その計算式の信頼性すら確保されていない現状では、もはや直接的な調査と、実験、開発の作業に託す以外ないとも考えられます。

我々日韓トンネル研究会でも、この問題については幾多の検討を重ねてきました。そのメンバーのなかで、60m 以上の水深と 50m 程度の土被りを、最大月進 1200m を達成した TBM の開発に携わった企業の責任者が参加しており、その開発の過程で水頭高 200m（約 2Mpa の水圧）の実験を行い、健全な稼働に成功した実例を報告しました。

五、日韓合同研究チームの立ち上げ

日韓トンネル構想の現実化には、日韓両国の多くの社会的要素における合意が必要です。その為には、当プロジェクトへの理解がどちらか一方に片寄ることは、それを阻害することと思われま

す。我々日韓トンネル研究会は、永年当プロジェクトの研究に携わることにより、日本と韓国の日韓トンネル構想への理解諸法にそれぞれ特徴があり、それが異なることに気づきました。勿論それには双方に長短が有ります。

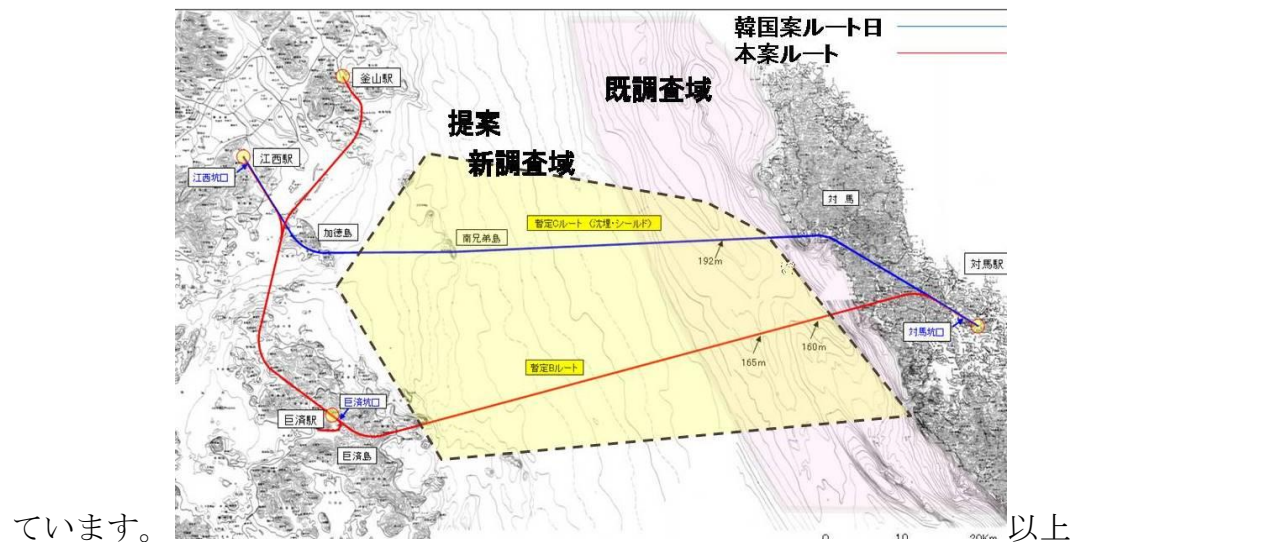
現状においては、未だ両国社会に正当な当プロジェクトの理解が得られているとは思えません。その最大の原因が、やはり科学技術面での客観的な構想への実像が提示されていないことと考えます。社会的要素（政治、経済、文化、歴史等）の理解とは、その実像が正当に理解されて始めて進展するものと思われま

す。本稿では、日韓トンネル建設に関わる、技術上の問題点及び課題について縷々述べてきました。

しかしこれらも、日本の技術者としての見解であり韓国側の見解も別にあることと思

います。国境を跨ぐプロジェクトというだけでなく、プロジェクトそのものも、まさに世紀の大プロジェクトとなります。その為

に、解決を求められる課題は無数に有ります。比較的客観的な見解を得られる、技術面での研究チームを日韓合同で立ち上げることは大きな意義の有ることと思



ています。

