

豊予海峡ルートによる技術立国復活への期待



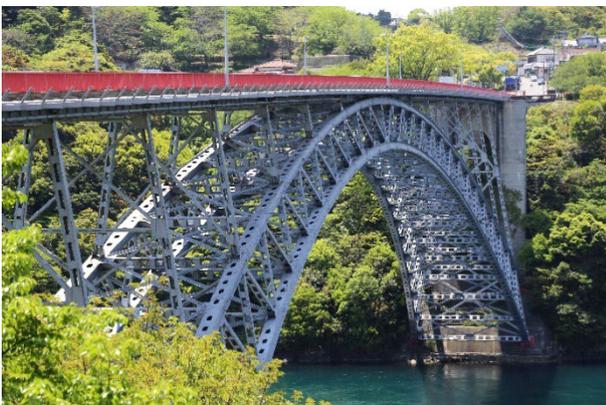
土木学会 WEB 版土木情報誌 編集長
国立高等専門学校機構 大分工業高等専門学校 非常勤講師
愛媛大学 防災情報研究センター
社会基盤メンテナンスエキスパート養成講座 外部講師
長崎大学 インフラ長寿命化センター道守養成ユニット 外部講師

松永 昭吾

1. はじめに

長崎県佐世保市に生まれ育った私は、建設当時東洋一の支間を誇った西海橋(写真1、1955年竣工、2020年国指定重要文化財)に憧れて育った。敗戦から10年後に完成した我が国初の長大橋が、完成翌年、怪獣映画初のカラー作品「空の大怪獣ラドン」(東宝)において衝撃波で破壊される様子は人々を魅了し、映画ファンが殺到したという。そのような話を聞くにつれ、長大橋建設は、地域に人と物の流れを生み出すのみならず、ランドマークとなり、地域の誇りとなることを意識した。またその技術を世界に誇ることで、ものづくりにかかわる優秀な技術人材を確保し、地位を向上させることに貢献してきたといえる。

▽写真1 西海橋(筆者撮影)



そして、瀬戸大橋(1988年開通)完成の興奮さめやらぬ1989年に大学に進学した私は、迷わず土木

科を選び、いまでも土木、橋梁のプロとして、そしてファンとして関わり続けている。なお、豊予海峡ルートについては、建設省土木研究所(現国立研究開発法人土木研究所)発注の「次世代海上横断構造物の適用可能性調査業務」(1998年2月)など吊橋、水中トンネル、浮体橋についての国内外の要素技術の超長大橋への適用に関するフィージビリティスタディなどを行っている。

2. 担い手確保と人材育成

私は今大分県佐伯市に暮らし、建設コンサルタントとして橋梁設計やメンテナンス、そのための人材育成を行っている。また、大学・高専・自治体・JICAの講師として大学生、高専生、開発途上国の技術者の教育にかかわることも多い。その一方で、土木業界の担い手不足を解消すべく、小中高校生向けの土木現場体験(写真2)や、授業などを行っている。

▽写真2 小学生向け土木現場体験の様子



バブル崩壊後、景気が低迷する中においては、公共事業に対する風当たりが強く、以降土木業界の不人気が続いている。その結果、公共事業への無関心が続き、少子化もあって積極的に土木業界を目指す学生の減少が続いている。土木は、道路・橋梁・トンネル整備により移動時間を短縮し、堤防整備により洪水被害を、上下水道整備により疫病災害を、道路施設整備により交通事故を、送配電の多重化により停電を減らしてきた功績がある。いわば社会構造やライフスタイルの変化に応じて生じる社会課題を、ものづくりの力で解決してきたといえる。今後は、激甚化する災害対策や復旧、老朽化する社会インフラの維持管理を担い、新しい生活様式に対応したまちづくり、道づくりを担う豊富な人材が必要となる。そのような中で、豊予海峡ルートをはじめとする海峡架橋などの大規模プロジェクトへの期待は極めて大きい。

3. 技術伝承のために豊予海峡ルートは不可欠

豊予海峡ルートの必要性については、大分市豊予海峡ルート報告書¹⁾にまとめられているとおり、「九州・四国の地方拠点の形成・強化」、「交通ネットワークのリダンダンシーの確保(多軸化)」、「観光圏の一体化による観光需要の拡大」、「広域連携による地域産業の発展」、「広域移動の実現による地方移住の促進」にあることはいうまでもない。これらの視点は、2021年6月に閣議決定された「令和3年版国土交通白書」²⁾のテーマとして取りあげられた「危機を乗り越え豊かな未来へ」の個別施策に合致する。人口過密社会が抱える疫病災害、自然災害の激甚化、頻発化のリスクを低減し、持続可能な社会を形成するには、分散型国土利用のさらなる推進が不可欠である。ここでは、技術的な観点から豊予海峡ルートの必要性について整理する。世界において先行している我が国の長大トンネル技術、長大橋梁技術は、先進的土木技術の象徴である。欧米を中心とした先進国におけるインフラ更新、開発途上国におけるインフラ基盤整備は旺盛な需要が見込まれており、建設技術やデジタル技術を活用した管理手法はインフラ輸出の目

玉として期待されている。明石海峡大橋、青函トンネルなどの国内実績により我が国の技術レベルの高さは世界が認めるところであるが、鉄道トンネルの延長世界一の座はゴツタルドベーストンネル(スイス、2016年完成)に明け渡し、また、世界最大支間長の橋梁は、工事中のチャナッカレ1,915橋(トルコ、2022年完成予定)にその座を明け渡し見込みである。

▽図表1 長大橋ランキング(1、2位は未完成)

位	橋名	国	径間長(m)	完成年(年)
1	メッシナ海峡大橋	イタリア	3,300	計画中断
2	チャナッカレ1915橋	トルコ	2,023	建設中
3	明石海峡大橋	日本	1,991	1988
4	西塚門大橋	中国	1,650	2009
5	グレートベルト東橋	デンマーク	1,624	1998
6	オスマン・ガーズィー橋	トルコ	1,550	2016
7	李舜臣大橋	韓国	1,545	2012
8	潤揚長江公路大橋	中国	1,490	2005
9	第二座洞庭湖大橋	中国	1,480	2018
10	南京栖霞山長江大橋	中国	1,418	2012
-	豊予海峡ルート	日本	3,000級想定	-

一方で、明石海峡大橋完成から23年、青函トンネル完成から33年経ち、国内においては大規模な海峡横断プロジェクトが動いていなかったことから、オスマン・ガーズィー橋(トルコ、2016年完成)、英仏海峡トンネル(1994年完成)など海外プロジェクトにおいてその技術を活かすこととなる。そのため、第一線で活躍してきた技術者が引退していくなか、長大橋技術、長大トンネル技術の国内技術者への継承が不安視されている。国内の担い手を確保していく上でも、大規模プロジェクトの創出による優秀な若手人材の確保、研究・技術開発機会の創出、技術の伝承を図ることが不可欠といえる。また、我が国にはすでに抱えている既設長大トンネル、既設長大橋梁があり、新設トンネル、新設橋梁の建設を経験した技術者が不在となることは、その維持管理技術の低下につながる懸念される。よって、このままでは長大橋

建設や維持管理の経験を積んだ海外の技術者がいなければ我が国のインフラが維持できない事態も想定される。したがって、我が国がインフラ分野においても技術立国であり続け、国内外のインフラ整備、インフラ管理においてリーダー的立場を維持し、インフラ輸出を産業の柱として育成してくためにも、長大トンネル計画、長大架橋計画の象徴的存在でもある豊予海峡ルートの実現は不可欠であるといえる。

4. 豊予海峡ルート of 技術的可能性

続いて、主に橋梁架橋についてその技術的実効性を考察する。なお、豊予海峡ルートは、太平洋新国土軸構想における九州と四国を結ぶ交通体系となることが期待されており、太平洋新国土軸、西日本国土軸の形成及び西瀬戸地域における産業、観光等の交流圏の形成を図るために重要な役割を担うプロジェクトである。そのため、1994年12月に建設大臣（現国土交通大臣）より、大分市から愛媛県八幡浜市までの区間が地域高規格道路の候補路線（豊後伊予連絡道路）として指定を受け、2003年の事実上の凍結宣言までの期間に実現に向けた詳細な技術検討が実施されている³⁾。特に、愛媛県、大分県が組織し、その後四国地方整備局が加わった「豊予海峡架橋調査委員会」（委員長 伊藤学東京大学名誉教授）が、1997年度にまとめた中間報告書においては、「豊予海峡における架橋は、既往の実績を大幅に上回る大規模構造物となるため、今後、多くの解決すべき課題はあるが、技術的に可能であると判断される」と報告している。それを受け、九州地方整備局が加わるかたちで「豊予海峡道路技術調査委員会」（委員長 同）が設置され、自然環境（地形、地質、風、波浪、潮流潮位、地震）、社会条件（公園・文化財類、漁業権・漁業操業、動植物・生態系）、橋梁計画（下部構造、上部構造、耐風設計、耐震設計）などの技術調査が実施されており、図表2の課題の解決が提案されている。なお、技術的実効性の向上に向けては類似プロジェクトの検討結果も参考となる⁴⁾。

上述した通り、豊予海峡ルートのうち、橋梁につい

ては解決すべき課題はあるものの、技術的に可能であるといえる。しかし、計画実現が遅れるほどノウハウを有する技術人材の高齢化によりその確保が困難となるとともに、技術の継承はさらに難しくなることが懸念される。また、課題の解決のためには、必要な調査、技術開発期間の確保が不可欠であり、早期着工早期実現に向けてのロードマップが不可欠である。また、電気・水素自動車の普及や自動運転技術、構造物維持管理におけるロボットや情報通信技術の活用、耐久性や軽量化に優れる新素材や構造計画における浮力の利用、中央構造線による振動予測の高度化など利用できる最新技術の抽出を早急に行うことが実現可能性向上に不可欠である。

▽図表2 既往の検討結果と今後の課題（参考文献3を元に一部加筆）

項目		既往の文献における諸条件と実現可能性の高い計画案	検討結果	今後の課題
道路条件	道路規格	第1種第3級 4車線自歩道なし	幅員構成 道路構造令規定値 最急縦断勾配、縦断曲線 標準値	交通量予測。 耐風安定性/施工法の確認。
自然条件	地形	最大水深約 200m 基礎設置水深約 70~100m	海域全域の海底概況を調査し概略地形図を作成。基礎予定位置付近の詳細深浅測量を行い、海底地形図を作成	風、地震は現地観測を継続し、数年に1回程度観測データ分析を実施する。
	地質	地質平面図・断面図作成済 設計用地盤定数は仮設定	音響画像調査・磁気探査により表層地盤分布、蛇紋岩分布把握	基礎予定位置などにおける海上ポーリングを実施し、地盤特性情報を取得、設計用地盤定数の見直しを行う。
	風	最大瞬間風速 63.1m/s (10分間平均最大 45.4m/2) 仮基本風速 $U_{10}=50\text{m/sec}$	類似事例を参考に仮設定 試算値 $U_{10}=41.3\text{m/sec}$	
	波浪	有義波高 10m 基礎毎の設計波高 7m~10m を仮設定	3年間の現地観測及び気象資料を用いて概算	潮流、波浪について現地観測を行い、見直しを行う。
	潮流	設計潮流速 3m/sec	既往資料(潮汐表)及び現地観測から仮設定	
	潮位	N.H.H.W.L=TP+1.261m 仮設定	鶴崎検潮所記録をもとに仮設定	
地震	現地観測最大加速度 39.5gal (H13 芸予地震) L1、L2 加速度応答スペクトルを仮設定	現地観測により有意な強震記録が得られ次第見直す予定		
社会条件	航路	航路幅、航路高及び航路位置、方向を仮設定 Aルート w=1750m、h=65m Bルート w=500m、h=34m	通行船舶実態調査資料を参考に仮設定	詳細調査を実施し、見直しを行う。
	環境	国立公園・国定公園指定区域、漁業操業実態把握 動植物及び生態系に関する調査	文献調査及び現地調査などをもとにルート選定上の影響把握	
橋梁構造	形式	3000m級4径間吊橋	等/不等径間案の静的比較	4径間吊橋の設計手法に関する詳細な検討を行う。(解析手法、風洞実験等)
		二箱桁 オールグレーチング桁(AG桁)	二箱桁とAG桁の静的比較	
	支間割	等径間案 1300+2@3000+1100m 不等径間案 1440+3260+2720+840m	基礎設置水深 100m 程度で等径間 下部工位置を優先した案	
設計荷重	活荷重	設計活荷重 B活荷重 主桁幅員方向 車線載荷 橋軸方向 影響線載荷	車道部のみで載荷させることで主塔、ケーブル重量を軽量化	

5. (参考) 国立大分工業高等専門学校における簡易アンケート

(公社)日本青年会議所九州地区大分ブロック協議会と筆者の共同で大分工業高等専門学校都市・環境工学科4、5年生に対し、2021年7月に豊予海峡ルート構想に関する特別授業を実施した(写真3)。また、その前後において簡易アンケートによる学生の認知度、意識調査を実施した(図表3)。

▽写真3 豊予海峡ルート特別授業



▽図表3 アンケート内容

設問	事前アンケート (回答数 83 名)	事後アンケート (回答数 80 名)
1	学年を教えてください(4年/5年)	
2	豊予海峡ルート構想を知っているか(はい/いいえ)	
3	豊予海峡ルートは必要か(はい/いいえ/わからない)	
4	3の回答理由(自由記述)	
5	豊予海峡ルートは橋とトンネルのどちらがよいか(はい/いいえ/わからない)	
6	5の回答理由(自由記述)	
7	技術者として豊予海峡ルート構想に関わってみたい(はい/いいえ)	
8	7の回答理由(自由記述)	
9	授業への期待 (自由記述)	授業の感想 (自由記述)

事前アンケートは前日までに回答を締め切り、事後アンケートは1週間程度で回答を締め切った。以下にその概要を列記する。なお、授業は筆者が担当し、構想に関する情報(知識)提供を中心にを行い、その要否に関する誘導とならないよう配慮した。

図表4に選択式設問の回答を示す。授業後に全員が豊予海峡ルート構想についての知識を得ており、授業後に同構想の実現が必要と答えた学生が70%、不要と答えた学生が10%(8名)、その他の学生20%(16名)がわからないと回答している。また、形式については、90%の学生が橋を選択した。さらに、本構造に技術者として関わりたいかの問いについては、要否の判断を問わず90%の学生が関わりたいと回答していることから、大規模プロジェクトに対する技術的な関心の高さがうかがえる。

▽図表4 選択式アンケート結果

設問	事前		事後		
	はい (橋)	いいえ (TN)	はい (橋)	いいえ (TN)	
2	知っているか	63.9	36.1	100.0	0.0
3	必要か	26.5	1.2	70.0	10.0
5	橋/トンネル(TN)	32.5	8.5	90.0	5.0
7	関わってみたい	34.9	65.1	90.0	10.0

※設問3,4については、「わからない」を省略。
※設問5については、橋とトンネル(TN)を選択。

問3において必要と回答した理由としては、九州四国間の移動時間の短縮、移動手段の多重化による災害時の代替路の確保や観光資源としての効果のほか、大規模プロジェクトそのものに対する技術者としての魅力(ロマンがある、カッコいい)などの意見もみられた。一方で、安全性や工事費の不安、事業の優先順位の妥当性などに課題が残るなどの指摘がみられた。設問5では橋を選択した学生が多かったが、その理由として観光資源としての価値をあげるものが多くみられた。一方、トンネルを選択した理由としては強風時や豪雨時の安全性に対する不安などがあげられた。

6. おわりに

激甚化する自然災害が頻発し、地球規模の疫病災害が猛威をふるう中、持続可能な国土利用を示す必要がある。明治100年を機に田中角栄が著した「日本列島改造論」⁵⁾に記されているとおり、大都市への人口集中のメリットはすでにデメリットに変わっている。これからの時代は、国土を広く利用し、一極に集中し過ぎた人口過密社会を解消し、災害リスクを分散するとともに、新たな生活様式を構築していくことが求められている。

2021年8月には、若手経営者団体である(公社)日本青年会議所(JC)主催の国土強靱化シンポジウム(図表5)が開催され、家田仁第108代土木学会会長(政策研究大学院大学教授)による基調講演では、「国土観とインフラの垂直展開」と題して「一極集中解消、災害時におけるインフラの便益、インフラの質の向上、交流軸・交流圏の拡大」などの話題提供があり、国土を複数軸でつなげる重要性を再確認することができた。また、主催者であるJCからは、青年経済人が考える国土の未来として将来世代への責任として、災害時の対応、経済の活性化のために第二国土軸の効果は大きいとの話がなされた。持続可能な国土づくりに向けて、新たな国土軸構築の機運が高まっていることを感じる事ができた。

いまこそ、九州と四国をつなぐ豊予海峡ルート建設の議論がその起爆剤となり、全国津々浦々の基礎自治体と連携することで令和版日本列島改造論をまとめ上げ、豊予海峡ルートをはじめとする第二国土軸の構築が加速度的に進むことを期待したい。そして、このプロジェクトの遂行により伝承され、イノベーションされた要素技術やそれを習得した人材は、将来にわたって国際社会に広く貢献するとともに、持続可能な社会に不可欠なものとなるであろう。

▽図表5 国土強靱化シンポジウムポスター

参考文献

- 1) 大分市：豊予海峡ルート調査業務2016～2020年度調査報告書、2021.2
<http://www.city.oita.oita.jp/o010/machizukuri/kotsu/hoyokekka.html>
- 2) 国土交通省：令和3年度版国土交通白書、2021.6
- 3) 四国地方整備局、九州地方整備局、愛媛県、大分県：豊予海峡道路技術調査報告書(平成7年度～平成15年度)、2004.6
- 4) 例えば、本州・北海道架橋を考える会：'96本州・北海道架橋シンポジウム論文集、1996.6
- 5) 田中角栄：日本列島改造論、日刊工業新聞社、1972.6