

# 沖縄県離島架橋100年耐久性検証プロジェクト における取組みについて

仲嶺 智\* 渡久山直樹\*\* 翁長正勝\*\*\*

## 1. はじめに

沖縄県は四方を海に囲まれ高温多湿な環境となっている。夏季は台風の常襲地帯となっており高い波浪と強風により内陸部まで塩分濃度の高い状態になる。



図-1 位置図

また冬季は北からの強い風が断続的に続くため、一年を通し沿岸、内陸を問わず常に飛来塩分を受け、塩害の厳しい環境下にある(図-1参照)。

こういった状況の中、沖縄県では特に沿岸部の橋梁においてコンクリート橋の架替えを必要とするような塩害が確認され、それまでメンテナンスフリーと考えられてきたコンクリート橋においても適切なメンテナンスと地域にあった設計、施工時の塩害対策が重要である事が認識された。

本稿では宮古島と伊良部島を結ぶ海上架橋「伊良部大橋」において、コンクリートの配合や鋼床部での塗装仕様など、塩害対策等の高耐久性化・長寿命化についてその事例を報告する。

## 2. 伊良部大橋の概要

### 2.1 建設経緯

沖縄本島から南西に約290kmの位置にある宮古島のさらに離島である伊良部島は、医療、教育、福祉等の面において不利・不便を余儀なくされており、過疎化の進行や産業の衰退等といった離島特有の諸問題を抱えている。

この様な離島苦の解消を図るため昭和49年に当時の伊良部村長から沖縄開発庁(当時)への架橋要請活動を皮切りに継続的に要請活動が展開され、平成18年3月に起工式を行い本格着工したと

ころである。

伊良部大橋の建設は、平成17年に伊良部町を含む5市町村の合併により誕生した宮古島市の一体化と効率的な行政を支援するとともに、伊良部島の医療・教育・福祉の向上や架橋による物流コストの低減、観光産業による地域経済の活性化等、宮古圏域の地域振興を図ることを目的とし建設を行っている。

### 2.2 工事概要

本橋の諸元を以下に示す(図-2参照)。

路線名：一般県道平良下地島空港線

事業年度：平成13年度～平成26年度

道路規格：第3種3級(V=60km)、A活荷重

延長：6,500m(本橋部3,540m、海中道路部600m、取付部橋梁170m、取付道路2,190m)

幅員：橋梁部8.5m

上部工形式：PC連続箱桁橋(一般部)、鋼床版箱桁橋(主航路部)、中空床版(取付部橋梁)

下部工形式：RC橋脚(一般部)、T型橋脚(主航路部)逆T型橋台

基礎形式：直接基礎(2基)、鋼管杭基礎(30基)、鋼矢板基礎(18基)

## 3. コンクリートの塩害対策

塩害の被害を受けやすい海域や沿岸部では、PC橋などのコンクリート橋梁において塩害が多く発生している。コンクリート橋は劣化状況の把握が困難である上に補修・補強に大きな費用がかかる事、また場合によっては架け替えを余儀なくされるケースなど様々な問題が出てきた。特に離島架橋においては海上橋であること、離島への唯一の交通手段となっており代替路がないことから、現在の技術で考えられる対策を設計・施工において十分に検討し高耐久性・長寿命化に取り組む事とした。

対策については、維持管理を低減することを目的として「ミニマムメンテナンスPC橋の開発に

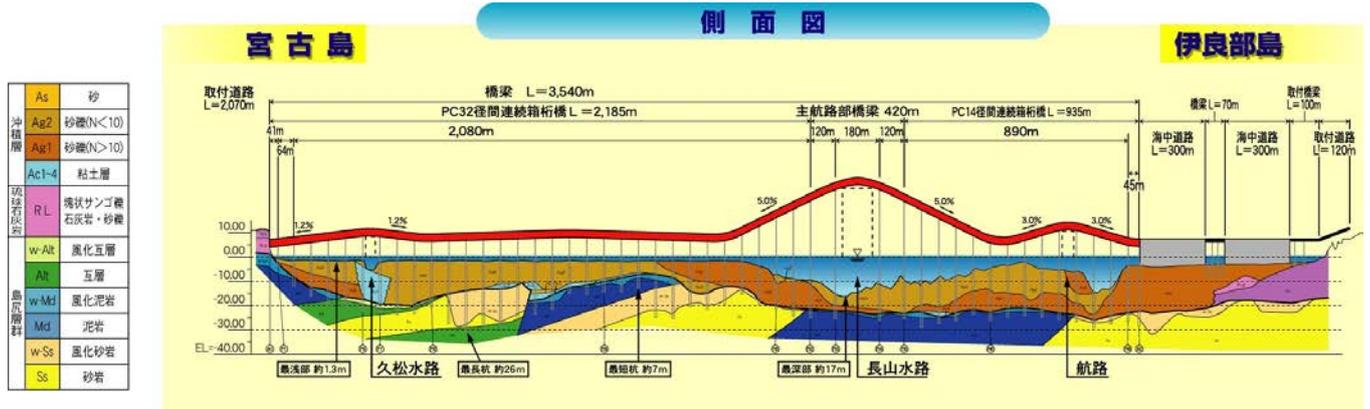


図-2 側面図

関する共同研究報告書」(平成13年3月)を参考とし、平成14年の道路橋示方書(以下「道示」)を基に対策を行った。またコンクリート橋の塩害対策を行うにあたり、宮古島内の同様な環境下にある建設後約10年の離島橋梁の下部工を調査したところ、塩分の浸透濃度は鉄筋付近で鋼材の腐食発生限界濃度である $1.2\text{kg/m}^3$ 以上であることが判明した(図-3参照)。

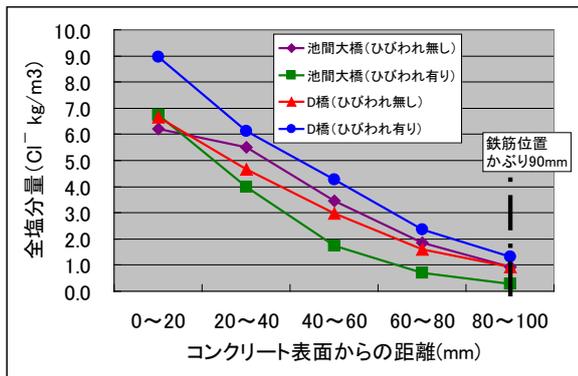


図-3 下部工の塩分量調査結果

調査の結果を受け、伊良部大橋ではH14道示の塩害対策を適用し、下部工についてかぶり9cmを確保した上でエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用すること、あわせてコンクリート材料自体の塩害対策としての塩分浸透の抑制、アルカリ骨材反応(以下ASR)対策などコンクリートの耐久性向上を図ることとした。なおASRの対策においては、ASR発生後のひび割れに伴い海水や飛来塩分によって鉄筋が腐食しやすい環境となるため塩害対策も兼ねているものとしている。

コンクリート耐久性向上の検討にあたっては、平成17年に「伊良部大橋コンクリート耐久性検討委員会」(委員長:大城武琉球大学名誉教授)

による議論を経てフライアッシュコンクリートを使用することとした。

現在、下部工においてフライアッシュコンクリートによる施工を行っているが、特に問題もなく通常のコンクリートと同様な施工性が確保されている。

下記に伊良部大橋における主な塩害対策の一覧を示す(表-1参照)。

表-1 塩害対策一覧

材料等	
鉄筋	エポキシ樹脂塗装鉄筋、ステンレス鉄筋(地覆部) CFCC(下床版、沓座モルタル内配筋)
PCより線	エポキシ樹脂被覆鋼より線
シース	ポリエチレンシース
構造	
かぶり	箱桁外部(7.0cm)箱桁内部(3.5cm)下部工(9.0cm)
コンクリートの配合	上部工ASR対策として砕砂のみを使用(※1) 水セメント比の低減 フライアッシュコンクリートの使用(下部工)
支承	AlMg溶射による防食
伸縮継手	橋梁に設置する個数を少なくするような設計(32径間連続)
施工	
鉄筋	エポキシ樹脂塗装鉄筋は組立後損傷箇所をタッチアップ 曲げ加工機はウレタン樹脂ローラを使用
かぶり	セグメント全個数においてかぶりを確認
コンクリートの配合	単位水量の確認

※1: ASR発生に伴いコンクリートにひび割れが生じ、鉄筋の腐食も同時進行することからひび割れ抑制効果が期待でき、塩害対策としても有効であると考えている。

#### 4. 鋼橋部における塩害対策

伊良部大橋主航路部橋梁上部工(鋼橋)における塩害対策の代表的なものとして下記2点が上げられる。

1つ目に、外面の接合面はボルト継ぎ手をなくし全て溶接継ぎ手としていること、2つ目は、外面塗装の防食下地に金属溶射を採用している点で

ある。

工場での溶接、溶射同様に、大ブロック架設後においても、現場での溶接及び金属溶射作業を実施している。主航路部橋梁は、図-4に示すとおり八角形断面をした扁平断面の鋼床版箱桁橋である。このうち、中ウェブはボルト継ぎ手であり、鋼床版部、下フランジ、外ウェブが溶接箇所となる。鋼床版部はサブマージアーク溶接、それ以外はガス溶接であり、溶接順序は下フランジ、鋼床版、外ウェブの順で実施している。

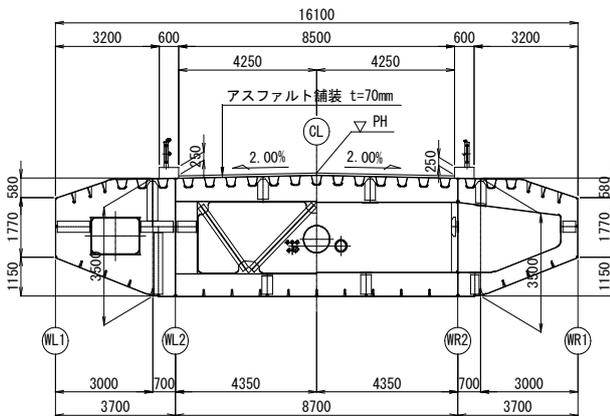


図-4 主航路部断面図

現場溶接について適切な環境を確保するため、セッティングビーム上から断面を取り囲むように足場を兼ねた風防設備を設置し作業を実施している。また、風防設備内は作業環境が狭隘なることから、工場製作時に現地の作業環境を再現し、溶接、溶射塗装までの技量試験を行い、風防設備内での作業が可能であることを確認した。さらに架設後は、現地の仕口断面を再現した試験体を作成し機械試験を行ったうえで現地作業を実施した。

現場における金属溶射は、アルミニウム95%、マグネシウム5%の合金を使用した、ガスフレーム溶射である。

海上部における夏季の現場溶射作業では、高温多湿であり、湿度は規定値を上まわる日がほとんどであるため、風防設備内に強制的に乾燥空気を送ることで作業前の環境改善を図った。

また湿度、鋼材表面温度、塩分量を確認後、ブラスト開始から2時間以内に設計値である200  $\mu$  mの膜厚確保を目指し溶射作業を行った。

ブラスト開始後の時間に制限がある一方、溶射の品質の大きな影響を与える素地調整については、粗さ、除錆度、清浄度の確認を重点的に実施した。

さらに、膜厚が薄くなる傾向にある角部においては、工場での溶射作業で膜厚が10%程度薄くなることが確認されていたことから、現場溶射においては角部近傍での規定値を230  $\mu$  m以上とし溶射を行った。

主航路部橋梁では、大ブロックの全断面溶接、金属溶射を実施しているが、現場溶接の実施時の品質確保や鋼道路橋へのアルミニウム・マグネシウム合金溶射の適用については有効なデータが得られた。

主航路部橋梁における外面のボルト接合を排した断面の効果と、金属溶射を防食下地に採用した効果を今後検証し鋼橋の塩害対策向上に寄与することを期待する(写真-1参照)。



写真-1 主航路部(中央径間部)

## 5. 沖縄県離島架橋100年耐久性検証プロジェクト

### 5.1 暴露供試体

伊良部大橋では橋梁の適切な維持管理手法の確立を目的として上・下部工で使用している配合の暴露供試体を作成するとともに、本体部でコア抜きを行っても構造上、問題の無い増打ち橋脚を設置し継続的な調査が行えるよう工夫している。

なお暴露供試体は塩害促進用の供試体、ASR促進用の供試体などを作成し、圧縮強度、静弾性係数、膨張量、鉄筋腐食状況などの計測を行い今後100年間データの収集を行う計画である。

### 5.2 土木研究所との協定について

沖縄県では、独立行政法人土木研究所、財団法人沖縄県建設技術センターとともに離島架橋の調査研究を行うこととし、平成21年に3者協定を締結した(図-5参照)。

全国でも類を見ない厳しい塩害条件にある沖縄県において、暴露供試体や実橋における調査デー

タの蓄積を行うことにより、塩害環境下で橋梁を100年供用するための維持管理手法、技術基準の確立を行って行くこととしている。

土木研究所からは全国的な知見や新技術の情報提供を、沖縄県からは調査フィールドの提供を行い、建設技術センターにおいては調査データの取りまとめや技術の発信を行っている。現在まで5回の連絡協議会が行われ、沖縄県内の離島架橋における塩害データの蓄積、今後の調査方法へ知見となっている。

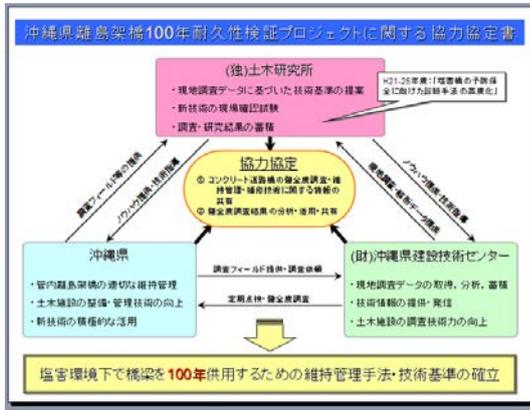


図-5 三者協定のイメージ

また、土木研究所から、研究・調査事例など報告により沖縄県技術系職員の技術の研鑽にも寄与している（写真-2）。



写真-2 連絡協議会の様子

## 6. まとめ

伊良部大橋においては、設計から材料選定に至るまで、現在考えられる最善の塩害対策を施してきた。しかし、これで100年の耐久性が確保できるものではない。

設計での思想が現場に伝わらなければ良い構造物はできず、また現場においての施工精度によってその品質・耐久性が大きく変わることも容易に推測できる。

伊良部大橋では100年の耐久性という目標をあえて公言することで発注者も含めた現場の意識を高め品質・耐久性に優れた構造物にすることを目的としている。

海上橋として維持管理の困難性を踏まえ出来る限りの予防を行う事でメンテナンスに優れた橋梁となり、長期間地域に貢献できる橋梁としたい。

## 謝 辞

伊良部大橋の設計及び施工に関しては、目的に応じ委員会を開催し御助言を頂き国内でも最先端の土木技術が導入できたと考えている。

伊良部架橋技術検討委員会、伊良部大橋コンクリート耐久性検討委員会、伊良部大橋（仮称）耐風検討委員会、伊良部大橋基礎工検討委員会、伊良部大橋主航路部橋種検討委員会、伊良部大橋主航路部設計施工委員会、伊良部大橋修景検討委員会、これらの委員会に携わった方々に改めて感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 土木学会：フライアッシュコンクリートを用いたコンクリートの施工指針（案）
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ 共通編、Ⅲ コンクリート橋編（平成14年3月）

仲嶺 智\*



沖縄県土木建築部宮古土木事務所  
伊良部大橋建設現場事務所  
Satoru NAKAMINE

渡久山直樹\*\*



沖縄県土木建築部宮古土木事務所  
伊良部大橋建設現場事務所  
Naoki TOKUYAMA

翁長正勝\*\*\*



沖縄県土木建築部宮古土木事務所  
伊良部大橋建設現場事務所  
Takamasa ONAGA