

離島架橋を塩害から守る

花井 拓* 仲嶺 智** 砂川勇二*** 木村嘉富**** 田中良樹*****

1. はじめに

沖縄県は亜熱帯性気候に位置しており、橋梁にとっては、非常に厳しい自然環境であると言える。また、県内には多数の離島が存在しており、これらを結ぶ離島架橋は島民にとっての命綱である。土木研究所、沖縄県、財団法人沖縄県建設技術センターの三者は、技術的な協力協定を締結し、沖縄県が整備・管理する離島架橋の健全度調査をとおして、100年余供用するための維持管理手法・技術基準の確立を目指す、沖縄県離島架橋100年耐久性検証プロジェクトを立ち上げた。協定は平成21年3月に締結され、それ以降、定期的な連絡会議の開催による情報交換や、連携しての現地調査を行いながら、研究を進めている。本文では、協定締結より約2年が経過した本プロジェクトの活動内容について報告を行う。

2. 新設橋における長期観測環境の整備

塩害環境下にあるコンクリート橋梁の内部鋼材腐食に起因する損傷については、従来の研究により劣化予測手法が提案されているが、劣化機構については未だ解明されていないところも少なくはない。予防保全に向けた的確な診断を行うためには一定の信頼性を有する予測手法の確立が急務である。このために、現在建設中である、伊良部大橋（図-1）において長期にわたる状態観測結果が得られる環境整備を行うこととした。



図-1 伊良部大橋（上は完成予想図）

2.1 暴露供試体

塩害およびアルカリ骨材反応（ASR）に着目し、伊良部大橋の実工事と同じ生コンを用いた供試体を作製した（写真-1）。実橋と同様の塩害を受ける環境で長期暴露を行う予定としている。



写真-1 暴露予定供試体

設置場所は、伊良部大橋海中道路部被覆ブロック上を予定している（図-2）。暴露期間は100年を予定しており、当初、5年目、10年目、その後は10年ごとに計測を行う。調査項目は、外観調査、超音波伝播速度、コンクリート膨張量、鉄筋の腐食状況、含有塩化物量、アルカリ量、中性化深さ、圧縮強度および静弾性係数である。



図-2 暴露試験体設置予定箇所

供試体は実橋の上部工（ 50N/mm^2 ）、下部工（ 27N/mm^2 、 36N/mm^2 ）で使用したコンクリートと同じ材料、同じ配合のものをプレーン供試体とし、さらに塩化物調整供試体（ CaCl_2 により塩化物量を 2.5kg/m^3 とした）、塩化物+アルカリ調

整供試体（ NaCl と CaCl_2 により等価アルカリ量を 6.0kg/m^3 とした）を作製した。鉄筋は、実橋と同様エポキシ樹脂塗装鉄筋及び普通黒皮鉄筋を用いた。供試体寸法は幅 250mm ×高さ 250mm ×長さ 400mm 。暴露用として計181体作製した。

2.2 将来のサンプリングを想定した橋脚かぶりの増厚

コンクリートの品質や外部からの物質の侵入程度の経年変化を確認するために、一部の橋脚（P21, P41）のかぶり厚を厚く（ $+120\text{mm}$ ）しておき、将来コアサンプリングが可能となるように計画している（図-3）。P21橋脚は現在建設中であり、今年度中に初期値をとる予定としている。

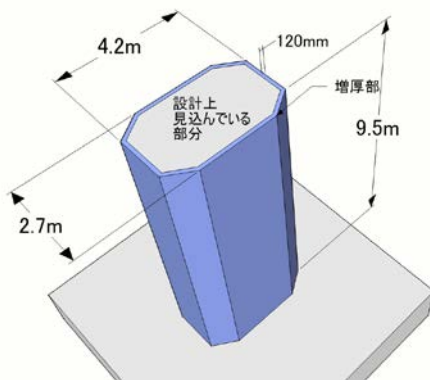


図-3 伊良部大橋P21橋脚（着色部分がかぶり増厚分）

3. 既設橋の塩害による被害状況把握

3.1 瀬底大橋P11橋脚の調査

塩害の被害を受けている瀬底大橋のP11橋脚において調査を行った。写真-2に調査対象としたP11橋脚と橋梁の全景を示す。調査内容は、コア採取による内在塩分量、中性化深さの確認、ガーゼ拭き取りによる表面付着塩化物測定とした。調査位置を図-4に示す。



写真-2 調査対象の橋脚

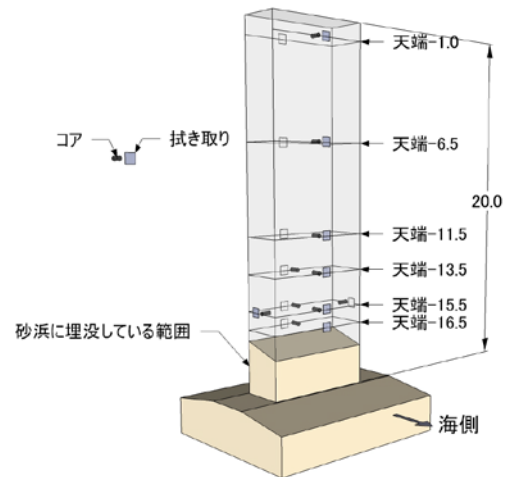


図-4 内在塩分量・中性化深さ・表面付着塩化物の調査位置図（単位：m）

海側面と陸側面のそれぞれについて、表面塩分濃度 C_0 、拡散係数 D_c 、付着塩分量、中性化深さの高さ方向分布を図-5に示す。 C_0 、 D_c については、調査によって得られた高さ方向の塩分分布をFickの拡散則に則った分布式に近似させて求めた。 C_0 、 D_c 、表面塩化物量ともに海面からの高さが高くなるに従って減少する傾向は一致している。逆に、中性化深さは、海面からの高さが高くなるに従って高くなる傾向にある。中性化は、コンクリートが適度に乾燥した状態で進行することが知られており、今回の調査結果と整合している。

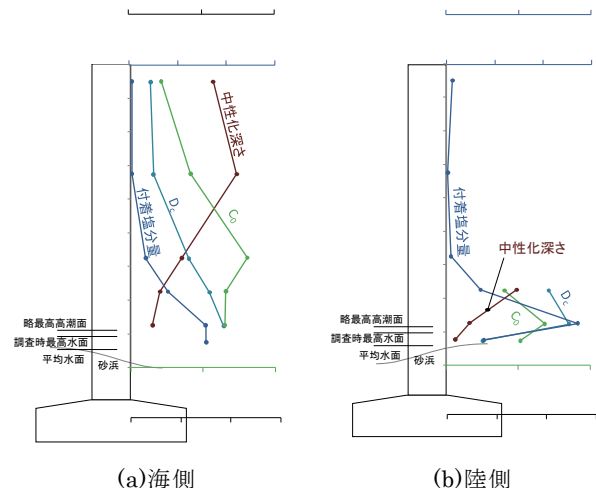


図-5 表面塩分濃度 C_0 、拡散係数 D_c 、表面付着塩分量、中性化深さの高さ方向分布

3.2 池間大橋の調査

平成4年に供用を開始した池間大橋では、平成11年度の調査で箱桁下面や橋脚の一部にひび割れが確認された。ひび割れの原因の一つとして、ASRに有害とされる台湾産の細骨材を使用して

いることがあげられている。平成21年度には、ASR、塩害といった観点から上部構造・下部構造の調査を実施した。ここでは、塩害による劣化と見られる橋脚の調査結果について紹介する。

3.2.1 外観及び鉄筋の腐食状況

調査を実施した3橋脚のうち、P12において塩害と思われるひび割れ損傷が発生していた（写真-3）。また、干満帯付近全面に浮きが認められた（図-6）。



写真-3 P12橋脚に生じているひび割れ

P12のひび割れ箇所でコア抜きを行い、ひび割れ直下の鉄筋の腐食状況を確認した（写真-4）。かぶり55mmの位置にあった鉄筋は全周にわたっての断面欠損が認められた。また、浮いている範囲で表面のひび割れが無い箇所でも同様の調査を行ったが、かぶり115mmで同様の腐食状況を確認した。コア側壁には環状のひび割れが認められ、これが面的に連結して浮きとなっているものと想定される。

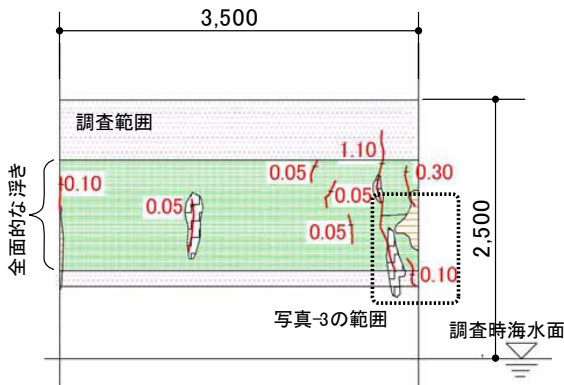


図-6 P12西面の損傷状況
（数字はひび割れ幅(mm)、緑色ハッチング箇所は浮き）



写真-4 P12ひび割れ直下の鉄筋の腐食状況

3.2.2 塩化物イオン濃度の分布

図-7に、P12西面で計測したコンクリート内部の塩分濃度分布を、他の橋脚のデータとあわせて示す。劣化損傷の小さい他の橋脚と比較して、P12では鉄筋位置での塩分量が 2.5kg/m^3 を超える結果となった。

P12のみ劣化程度が大きかった原因については今後さらなる調査の必要があるが、当該橋脚では、鉄筋かぶり位置よりも浅い位置での層状のひび割れなどが確認されており、こういったひび割れ面が新たな塩分の供給起点となったことも一因として考えられる。

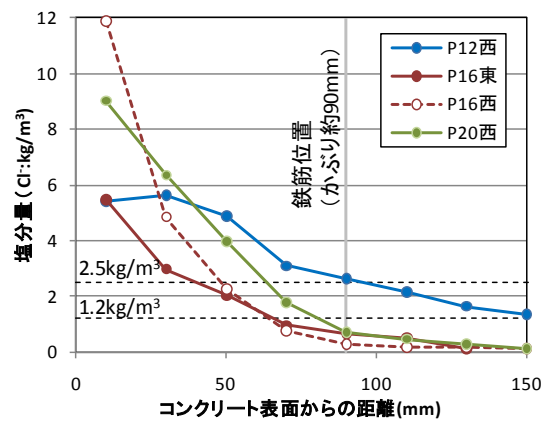


図-7 池間大橋橋脚の塩分量分布

なお、今回の調査で明らかになった、コンクリートのひび割れや鉄筋の腐食については、沖縄県は平成23年度以降に補修工事を実施する予定である。

4. 橋梁上部構造の付着塩分調査

コンクリート橋上部構造の表面に付着する塩分量に関連があると考えられる、地形的要因、構造物の幾何形状、気象条件などの影響を調べるために、沖縄本島北部の海岸部の橋梁上部構造で、コ

ンクリート表面に付着した塩化物の拭き取り調査を行った。調査対象橋梁である辺土名橋は北向きの海岸線上にあり、冬季の季節風にさらされるため、非常に厳しい塩害環境にあると言える。

調査では、ガーゼ拭き取りにより表面付着塩分量を1ヶ月毎に計測した。調査対象橋梁の周辺地形状況を図-8に、調査位置を図-9に示す。



図-8 辺土名橋周辺地形の状況

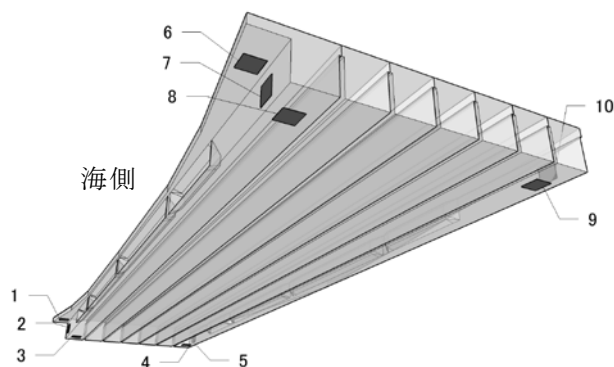


図-9 拭き取り調査箇所

図-10に、表面付着塩分量の調査結果を部位毎に示す。主桁下面、側面とも海側の主桁の方が陸側に比べて非常に高い塩分が検出された。その一方で、同じ海側でも張出床版下面では低い塩分量が確認されている。張出床版端部には、床版下面から約60～130mm下側につきだした水切りが設置されており、この水切りの存在によって、表面への塩分付着に大きな差違が現れたものと想定される。

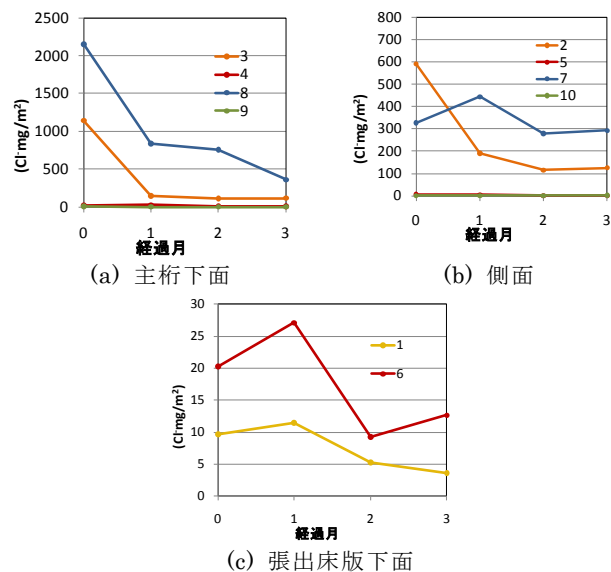


図-10 表面付着塩分量の調査結果

5. まとめ

本プロジェクトは、橋梁の長期耐久性の検証を目指したものであり、長期間にわたる調査を継続することが重要である。現段階において、今後の長期間にわたる計測環境の整備を行っているが、今後は経年にわたるデータの取得・分析と、既設橋梁の劣化状況などの調査などを通じて、100年以上供用可能な高耐久性の橋梁の実現に向け、研究を進めていくこととしている。

謝 辞

本研究の辺土名橋の調査においては、国頭村から現場のご提供をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 宮田弘和：「沖縄県離島架橋100年耐久性検証プロジェクト」に関する協力協定を締結、土木技術資料、p.42、2009.6.

花井 拓*



独立行政法人土木研究所
構造物メンテナンス
研究センター橋梁構造
研究グループ 主任研
究員

Taku HANAI

仲嶺 智**



沖縄県土木建築部宮古
土木事務所 主任技師
Satoru NAKAMINE

砂川勇二***



財団法人沖縄県建設技
術センター試験研究部
試験研究班 主任技師
Yuji SUNAKAWA

木村嘉富****



独立行政法人土木研究所
構造物メンテナンス
研究センター橋梁構造
研究グループ 上席研
究員
Yoshitomi KIMURA

田中良樹*****



独立行政法人土木研究所
構造物メンテナンス
研究センター橋梁構造
研究グループ 主任研
究員
Yoshiki TANAKA