

臨港道路に関するコンクリート構造物の劣化調査

Deterioration investigation of concrete structure in Naha port freeway

横山文彦*・成瀬英治**

YOKOYAMA Fumihiko and NARUSE Eiji

* (財) 沿岸技術研究センター 調査部 研究員

** 前 (財) 沿岸技術研究センター 研究主幹兼第二調査部長

This paper reports the issue of deterioration of a concrete structure in Naha port freeway. In this port road, many investigation, especially and repair have been repeated for many years. Deterioration by ASR, which is located in a very severe natural condition. In this article, we made basic document on performing future maintenance.

Key Words : ASR, Concrete Structure, Maintenance

1. はじめに

那覇港臨港道路は、道路橋示方書・同解説による塩害の影響度合いの地域区分でA-Sに区分される地域に位置し、構造物にとって非常に厳しい環境にさらされている。この臨港道路を構成するコンクリート製の橋台、上部工、鋼桁のRC床版部、そして土工区間の擁壁部について、劣化状況を調査した。その結果、特にアルカリシリカ反応（以下ASR）の傾向が特徴的に認められた。

2. 目的

本臨港道路のコンクリートには、ASRの発生原因と考えられる岩種が使用されていることが、工事資料より確認されている。実際に気中部のコンクリート表面にはASR特有の亀甲状のひび割れの発生も確認されている。土中あるいは水中に位置するフーチング部あるいは橋台の土中部については、これまでに調査が行われており、劣化調査結果の中で、特にASRに着目して、今後の維持管理を行うための基礎資料の作成を行った。

3. 概要

3.1 調査対象構造物

調査対象は以下の4構造物とした。

- ①【A1橋台】（下部工）
- ②【A2橋台】（下部工）
- ③【A2～A3間擁壁】（土工部）
- ④【RC床版】（上部工）

3.2 試験項目及び試験方法

- ①外観調査：目視およびたき点検
- ②中性化深さ測定：フェノールフタレイン法
- ③水溶性アルカリ分析：40℃温水抽出した溶液の原子吸光分析¹⁾
- ④塩化物量分析：JCI-SC5「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法
- ⑤粗骨材の岩種判定：目視観察、偏光顕微鏡観察、粉末X線回折による同定
- ⑥圧縮強度及び静弾性係数の測定
 【圧縮強度試験】JIS A 1107 コンクリートからのコア及びよりの切り取り方法並びに強度試験方法, JIS A 1108 コンクリートの圧縮試験方法
 【静弾性係数の測定】JIS A 1148 コンクリートの静弾性係数試験方法
- ⑦採取コアのASR促進環境での観察：40℃, 95%以上R.H.のASR促進環境条件下にコンクリート片を置き、目視により観察
- ⑧地下水Na⁺, K⁺, Cl⁻濃度分析の分析：Na⁺及びK⁺試料のろ液を検液とし、フレイム原子吸光分析法により定量. Cl⁻試料のろ液を検液とし、塩化物イオン選択性電極を用いた電位差滴定法により定量。（下部工のみ）
- ⑨自然電位測定：旧ASTM判定基準（上部工のみ）
- ⑩かぶり調査：RCレーダー使用（上部工のみ）

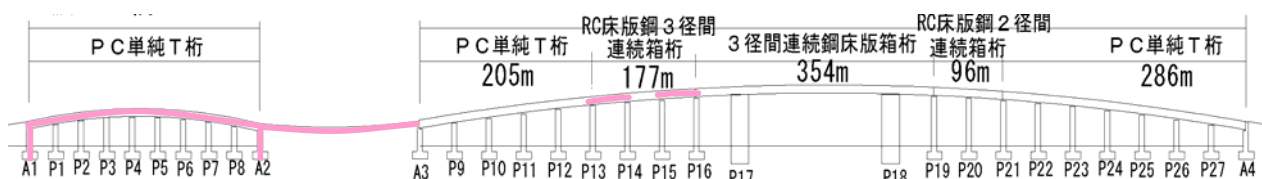


図-1 対象構造物全体図（着色部が今回の調査範囲）

4. 調査結果

4.1 外観調査結果

①【A1 橋台】(下部工)の代表的な部位写真：損傷なし



写真-1 A1 橋台底版部掘削状況

表-1 A1 橋台外観観察結果一覧

【A1 橋台】	考察
堅壁	表面被覆が施されており，塗膜の劣化は認められない。
翼壁	表面被覆が施されており，塗膜の劣化は認められない。
底版	損傷は認められない。

②【A2 橋台】(下部工)の代表的な部位写真：損傷無し



写真-2 A2 橋台底版部掘削状況

表-2 A2 橋台外観観察結果一覧

【A2 橋台】	考察
堅壁	表面被覆が施されており，塗膜の劣化は認められない。
翼壁	表面被覆が施されており，塗膜の劣化は認められない。
底版	損傷は認められない。

③A2～A3 間擁壁(土工部)の代表的な部位写真：ASR の特徴である亀甲状のひび割れが確認できる※1



写真-3 土工部観察状況

※1 ひび割れは局所的で構造物全体への影響は少ない

表-3 擁壁外観観察結果一覧

【A2～A3 間擁壁】	考察
A2 海側 気中	全面にわたり亀甲状のひび割れが発生している。
A2 海側 土中	全面にわたり亀甲状のひび割れが発生している。
A2 陸側 気中	全面にわたり亀甲状のひび割れが発生している。
A3 海側 気中	損傷はほとんど認められない。

④RC床版(上部工)の代表的な部位写真：劣化による剥落が認められる。

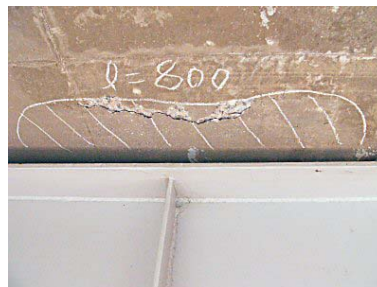


写真-4 RC床版観察状況

表-4 RC床版外観観察結果一覧

【RC床版】	考察
P13～P14	かぶり不足に起因する鉄筋錆が部分的に認められる。 疲労，ASR に起因するひび割れは認められない。
P15～P16	遊離石灰を伴うひび割れが部分的に認められる。
P8～A2	部分的に落とし鉄筋の露出・腐食，コンクリートの剥落，遊離石灰が認められる。 部分的に塗装(ライニング)のふくれが認められる。

4.2 主な室内試験結果

(1) 中性化深さ

いずれの構造物についても，各構造物におけるかぶりに対して中性化は進行していないと考えられる。調査結果一覧を表-5に示す。

表-5 中性化深さ結果一覧

構造物	単位	試験結果 (最大/平均)	判定基準
【A1 橋台】			
堅壁	mm	17 / 9	鋼材のかぶりとの比較
翼壁		0	
底版		0	
【A2 橋台】			
堅壁	mm	16 / 10	
翼壁		14 / 9	
底版		0	

構造物	単位	試験結果 (最大/平均)	判定基準
【A2～A3 間擁壁】			
A2 海側 気中	mm	8 / 7	鋼材のかぶり りとの比較
A2 海側 土中		6 / 4	
A2 陸側 気中		10 / 8	
A3 海側 気中		17 / 10	
【RC 床版】			
P13～P14	mm	21.6 / —	
P15～P16		24.1 / —	
P8～A2		12.3 / —	
P1～P2		5.0 / —	

(2) 水溶性アルカリ分析

コンクリート中の水溶性アルカリ量は、気中部では飛来塩分の影響により多くなっている一方で、土中部では地下水への溶出の影響により少なくなっていると考えられる。調査結果一覧を表-6 に示す。

表-6 水溶性アルカリ分析結果一覧

構造物	単位	試験結果	判定基準
【A1 橋台】			
堅壁	kg/m ³	3.2～5.1	3.0 ⁽²⁾⁽³⁾
翼壁		2.3～3.0	
底版		0.7～3.5	
【A2 橋台】			
堅壁	kg/m ³	4.6～8.5	
翼壁		3.7～4.8	
底版		1.6～3.2	
【RC 床版】			
P13～P14	kg/m ³	2.1～3.2	
P15～P16		4.1～6.7	
P8～A2		2.1～6.9	
P1～P2		1.8～6.9	

※赤字は判定基準を上回るもの

(3) 塩化物量分析

地下水の影響がある土中部では海水の影響で全塩分量が表面で高く、かつ鉄筋位置でも限界値に達している。気中部では鉄筋付近で限界値に達している。調査結果一覧を図-1、図-2 に示す。

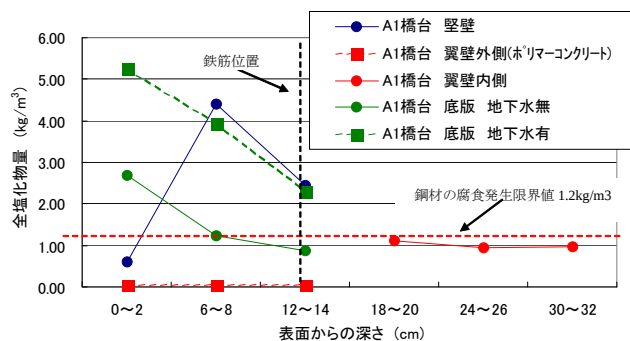


図-1 A1 橋台コンクリート中の全塩化物量

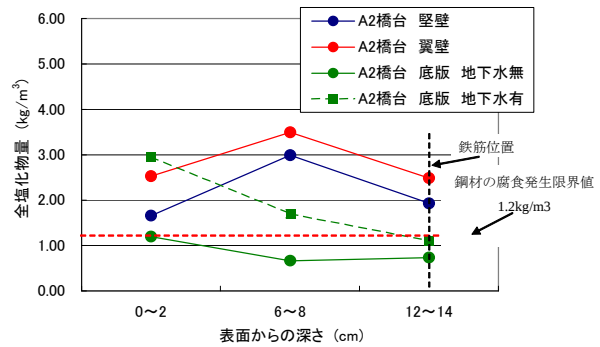


図-2 A2 橋台コンクリート中の全塩化物量

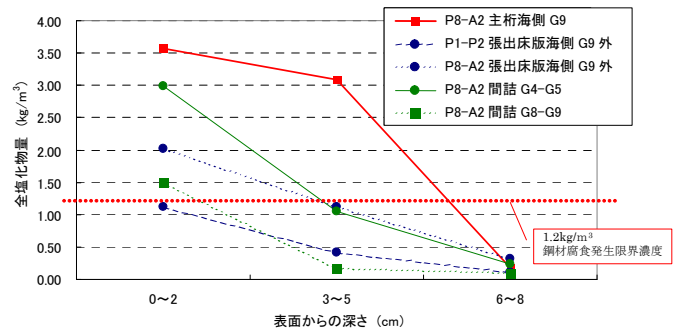


図-3 RC 床版の全塩化物量

(4) 粗骨材の岩種判定

試験の結果、一部に ASR を起こす可能性のある粗骨材の使用が認められた。調査結果一覧を表-7 に示す。

表-7 粗骨材の岩種判定結果一覧

構造物	岩種名 (含有量)	有害鉱物
【A1 橋台】		
堅壁	石灰岩 100%	—
翼壁		
底版		
【A2 橋台】		
堅壁	石灰岩 95% 安山岩 微量	安山岩：ガラス質， クリストバライト
翼壁		
底版		
【A2～A3 間擁壁】		
A2 海側 気中	石灰岩 50～70% 珪岩 30～10% 泥岩 20～15%	珪岩：波動消光を示す石英
A2 海側 土中		
A2 陸側 気中		
A3 海側 気中		
【RC 床版】		
P13～P14	石灰岩 70～85% 泥岩 25～0% 珪岩 5～0% 安山岩 15～0%	微細な黒雲母，波動消光を示す石英，微晶石英，クリストバライト，ガラス質
P15～P16		
P8～A2		

※赤字は有害鉱物を含む可能性がある岩種

(5) 圧縮強度及び静弾性係数の測定

道路橋示方書に示される設計基準強度と静弾性係数の関係と比較して、静弾性係数が低いことが確認された。これは ASR による可能性が考えられる。調査結果一覧を図-4、図-5 に示す。

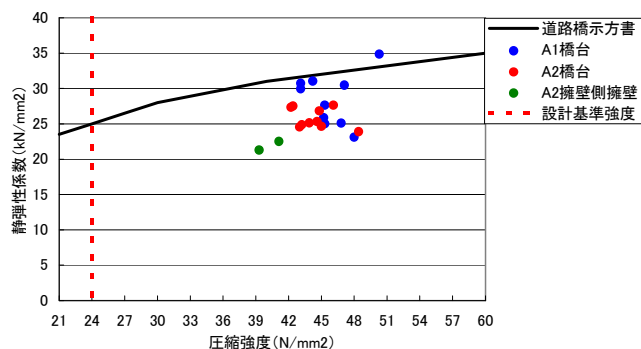


図-4 A1 橋台, A2 橋台及び擁壁の静弾性係数

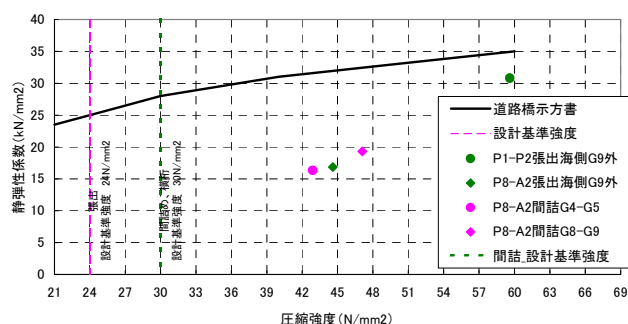


図-5 RC 床版の静弾性係数

5. 総合評価

5.1 構造物毎の総合評価

【A1 橋台】

表面被覆が施されており, 再劣化が認められないこと, 及び ASR を起こすような有害な粗骨材の使用が認められないことより, 現状では健全な状態と判断でき, 今後は定期的に点検を続ければよいと考えられる。

【A2 橋台】

表面被覆が施されており, 再劣化は認められないが, 微量ながら ASR を起こす可能性のある粗骨材の混入が認められること, また海水に浸る立地条件であることより, 今後は慎重に経過観察を続けていく必要があると考えられる。

【A2～A3 間擁壁】

ASR を起こす可能性のある粗骨材の使用が認められること, また既に亀甲状のひび割れが発生していることから, 今後の整備の中で改めて対策を考えていく必要があると考えられる。

【RC 床版】

塩害や疲労による損傷は進行していないが, ASR を起こす可能性がある粗骨材の使用が認められること, 静弾性係数の低下が著しいこと, 加えてアルカリシリカゲルが観察されたことより, ASR 発生の可能性があるが, 床

版という構造上, 亀甲状のひび割れという形状は現れていない。今後は定期的な経過観察が必要であると考えられる。

5.2 その他の考慮事項

その他にも, 橋梁全般に対しては以下のことが言える。

- 1) ASR のキャリアである可能性があるが, 発症していない状態とも考えられる。
- 2) コア採取したコンクリート試験体の圧縮強度及び静弾性係数は, 構造物本体に存在している時よりも小さくなる傾向がある⁴⁾ことを考慮する必要がある。
- 3) 同じ構造物を形成するコンクリートの中に, 有害鉱物が偏在し, かつ条件がそろった場合に部分的に ASR が発生していると考えられる。

6. おわりに

本調査は昭和 60 年代から継続的に行われ, 平成 17 年度で構造物全体に渡る調査を終えた。今後は, 本橋梁の特性を考慮した維持管理マニュアルをまとめていく予定である。長年に渡りご意見・ご指導を賜りました, 那覇港臨港道路劣化対策検討調査委員会 (委員長: 大城武) の委員の方々及び那覇港湾・空港整備事務所をはじめとします発注者の方々には心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) (財) 土木研究センター, 「建設省総合技術開発プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発 (土木構造物に関する研究成果)」の「付属資料 3.3 コンクリート中の水溶性アルカリ金属元素の分析方法(案)」, 平成元年 5 月
- 2) 沖縄県, 「コンクリート構造物耐久性向上検討委員会」(委員長: 大城武 琉球大学教授), 平成 7 年度～平成 9 年度
- 3) (独) 土木研究所, 日本構造物診断技術協会共著, 「非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル」, P. 122
- 4) 日本コンクリート工学協会, 「コンクリート工学 第 24 巻 11 号」, pp. 79-85, 1986. 11