

塩害環境下にある PC 橋への取組

津留 和彦^{*1}・竹内 右^{*2}・帆足 博明^{*3}

1. はじめに

本州四国連絡橋は、本州と四国を結ぶ道路であり、代替え道路がなく我が国の重要な社会資本の1つである。

本州四国連絡橋（以下「本四連絡橋」という）は、建設後の時間経過が少なく、いまだ大きな変状は生じていない状況にあり、大規模な補修・補強は実施されていない。しかし、架橋地点が自然条件の厳しい海峡部に位置するため、構造物は飛来塩分の影響を強く受けることが懸念される。

このため、構造物の維持管理においては、定期的な点検、非破壊検査を含む調査、劣化予測および評価を行い、LCCを考慮の上、最適な時期に適切な対策を講じることで、長寿命化を図ることを基本としている。

このような基本方針のもとに、本四連絡橋では、

- ①吊橋の主ケーブルに対しては、乾燥空気送気システムによる本質長寿命化（システムの運転管理等を適切に実施することにより、主ケーブルにほとんど腐食の発生あるいは腐食が進行しない状態を長期にわたり維持できること）
- ②鋼構造物の塗装については、定期的な精密点検に基づく塗膜の劣化予測を行い、母材が損傷しないよう塗替時期の判定
- ③吊橋のハンガーロープやコンクリート構造物に対しては、現状把握と劣化予測のための定量的なデータ収集を目的とした非破壊検査の適用

などに取り組んでいる。

海峡部に位置する鋼構造物については、塗装やその他の腐食対策を適切に施しておけば、長期にわたりその耐久性は確保できるものと考えている。

一方、コンクリート構造物については、その劣化要因が種々あり、長期の耐久性を確保することは鋼構造物に比べると容易ではない。

本四連絡橋の場合、海上橋のほとんどは規模が大きいことから鋼構造物で建設されており、その取付け橋にはPC構造物が採用されている。取付け高架橋は海峡部鋼長大橋と一体化して道路としての機能を確認しなければならないものであり、鋼構造物と同等の耐久性を保持させる必要があると考えている。

本稿は、塩害環境下にある海峡部鋼長大橋に連続する取付けPC高架橋について、詳細調査とそれに基づく劣化予測を行い、その結果をもとに目標耐用年数を200年とした場合の長寿命化への取り組みについて報告する。

2. 長寿命化のための検討方針

PC高架橋の長寿命化への取り組みを検討するにあたり、

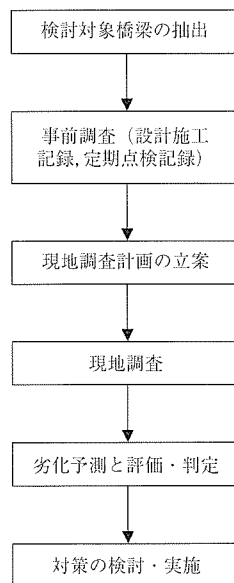


図-1 長寿命化検討のためのフロー



* Kazuhiko TSURU

本州四国連絡橋公団 保全部
橋梁保全課長代理



* Susumu TAKEUCHI

本州四国連絡橋公団 保全部
道路保全課長



* Hiroaki HOASHI

本州四国連絡橋公団 保全部
橋梁保全課長

表 - 1 検討対象橋梁設計施工条件一覧

橋 梁 名 (型 式)	橋 長, 支 間 割 (幅 員)	工 期	種 別		設計基準強度 kgf/cm ²	セメント種類	粗骨材最大寸法 mm	スランプ範囲 cm	空気量範囲 %	W/C %	s/a %	単位セメント量 kg/m ³
舞子高架橋 (PC8 径間連続箱桁 ラーメン橋)	橋長 511.20 m 53.9+2×54.5+2×65.0+ 70.0+85.0+62.0 m (13.75～25.50 m)	H4. 3 ～ H9. 9	上部工	脚頭部 E	300	高炉 B	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	46.0	40.0	365
				主桁 P2	400	早強	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	36.0	35.0	483
			下部工	高欄地覆 B1-1	240	普通	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	55.0	55.0	304
松帆高架橋 (PC4 径間連続箱桁 ラーメン橋)	橋長 300.00 m 79.3+80.0+70.0 +69.3 m (13.75～14.75 m)	H5. 9 ～ H9. 3	上部工	躯体 E	300	高炉 B	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	45.0	42.0	365
				主桁 P2	400	早強	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	41.0	36.0	447
			下部工	高欄地覆 B11	240	普通	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	55.0	43.0	305
亀浦高架橋 (PC2 径間連続箱桁+ 2 × PC3 径間連続有 ヒンジ箱桁橋)	橋長 593.35 m 52×45.4+87.0+100.0 +87.0+65.0+95.0 +65.0 m (16.75 m)	S54. 12 ～ S59. 3	上部工	橋脚 F	270	普通	40	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	50.0	43.0	338
				橋台フーチング B2-1	240	高炉 B	40	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	54.0	39.0	293
			下部工	1A～3P P3	350	早強	25	7 ± 1.5	4 ± 1	—	—	—
与島高架橋 (PC4・7 径間連続箱桁 ラーメン橋)	橋長 717.30 m 4×62.5+23.0+7×62.5 (10.00 m)	S58. 3 ～ S62. 7	上部工	3P～6P P2	400	早強	25	12	4 ± 1	41.5	40.0	400
				6P～9A P2	400	早強	25	3～8	4 ± 1	40.8	39.3	400
			下部工	2P～5P B1-1	240	普通	25	12	4	52.3	42.5	300
生口橋 (3 径間連続複合箱桁 斜張橋)	橋長 790 m 150.0+490.0+150.0 m (7.00 m)	S62. 3 ～ H3. 12 (供用)	上部工	6P～9A B1-1	240	普通	25	5～10	3～6	52.7	41.5	300
				主桁 P2	400	早強	25	7 ± 1.5	4 ± 1	42.8	39.8	400
			下部工	躯体 E	300	高炉 B (中腐熟)	25	8 ± 2.5	4 ± 1	53.3	42.0	300
多々羅橋 (3 径間連続複合箱桁 斜張橋)	橋長 1 480 m 270.0+890.0+320.0 m (7.00 m)	H4. 11 ～ H11. 5 (供用)	上部工	フーチング Q	240	高炉 B (中腐熟)	40	8 ± 2.5	4 ± 1	55.7	40.2	280
				因島側主桁 P2	400	早強	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	42.0	37.0	400
			下部工	生口側主桁 P2	400	早強	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	42.0	37.0	400
			上部工	因島側主桁 F	300	高炉 B	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	48.4	41.0	320
				生口側主桁 F	300	高炉 B	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	51.0	41.0	320
			下部工	因島側主桁 E	240	高炉 B	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	53.4	41.0	290
			上部工	生口側主桁 E	240	高炉 B	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	55.0	41.0	290
				因島側フーチング B2-1	240	高炉 B	40	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	51.4	39.0	280
			下部工	生口側フーチング B2-1	240	高炉 B	40	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	55.0	39.0	280
			上部工	生口側主桁 P2	400	早強	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	42.0	38.5	400
				大三島主桁 P2	400	早強	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	42.0	38.5	400
			下部工	生口側躯体・梁 B1-1	240	高炉 B	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	55.0	41.0	310
			上部工	大三島躯体・梁 B1-1	240	高炉 B	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	55.0	41.0	310
				生口側フーチング B2-1	240	高炉 B	40	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	53.0	39.0	290
			下部工	大三島フーチング B2-1	240	高炉 B	40	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	53.0	39.0	290

対象橋梁の抽出，事前調査として建設時の施工条件の整理および現地調査のための調査計画を立案した。

長寿命化のための検討フローを図 - 1 に示す。

2.1 検討対象橋梁

本検討の対象とした橋梁は，海峡部長大橋に接続する PC 橋および PC 構造物と鋼構造物が一体となった複合斜張橋とした。表 - 1 に検討対象とした橋梁と設計施工条件を示す。また，検討対象橋梁のうち，明石海峡大橋の取付け橋である舞子高架橋および複合斜張橋の多々羅大橋を写真 - 1，2 に示す。



写真 - 1 舞子高架橋

2.2 調査計画

(1) 事前調査

事前調査として，検討対象橋梁の設計施工記録・定期点検記録などを整理し表 - 1 に示した。また，PC 構造物が置かれている環境すなわち風向・風速についても気象観測データなどから整理した。

橋梁位置・方位と年間風配図を整理したものを図 - 2 に示す。

(2) 現地調査 (調査項目，調査位置)

コンクリート構造物の寿命を左右する劣化要因は，中性



写真 - 2 多々羅大橋

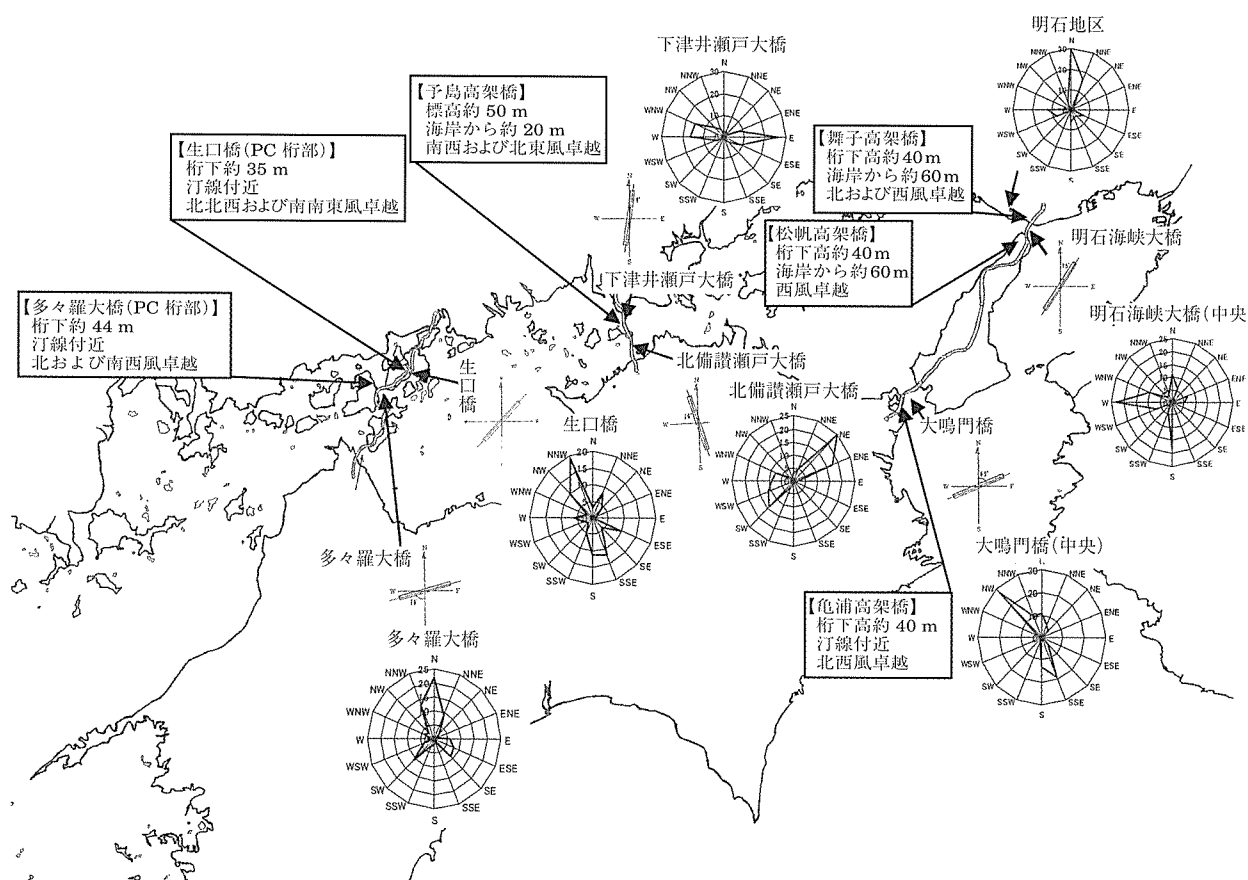


図 - 2 年間風配図と橋梁方位

化、塩害、凍害、化学的腐食、アルカリ骨材反応および疲労などがある。本四連絡橋の場合、置かれている自然環境および過去の調査結果から想定する劣化要因は、中性化と塩害とし、寿命予測に必要な鉄筋のかぶり、中性化深さおよび塩分量を調査の対象とした。

アルカリ骨材反応については、予防保全的な管理が困難なため日常の点検を確実にし、アルカリ骨材反応らしき兆候が発見された時点で詳細調査を行い、補修対策を検討することとし、調査の対象から除外した。

調査位置は、風向、雨水の影響の有無、海面からの高さなど現地状況を勘案のうえ決定した。なお、舞子高架橋および松帆高架橋については、桁への接近が容易でないため、直近の明石海峡大橋のアンカレイジの管理用駐車帯側壁 (RC 部) を代替的に調査することにした。また、多々羅大橋については、同じ「しまなみ海道」にある複合斜張橋で建設からの経過年数の長い生口橋を調査することで代表させることにした。

各橋梁における調査場所、調査項目を表-2 に示す。また、

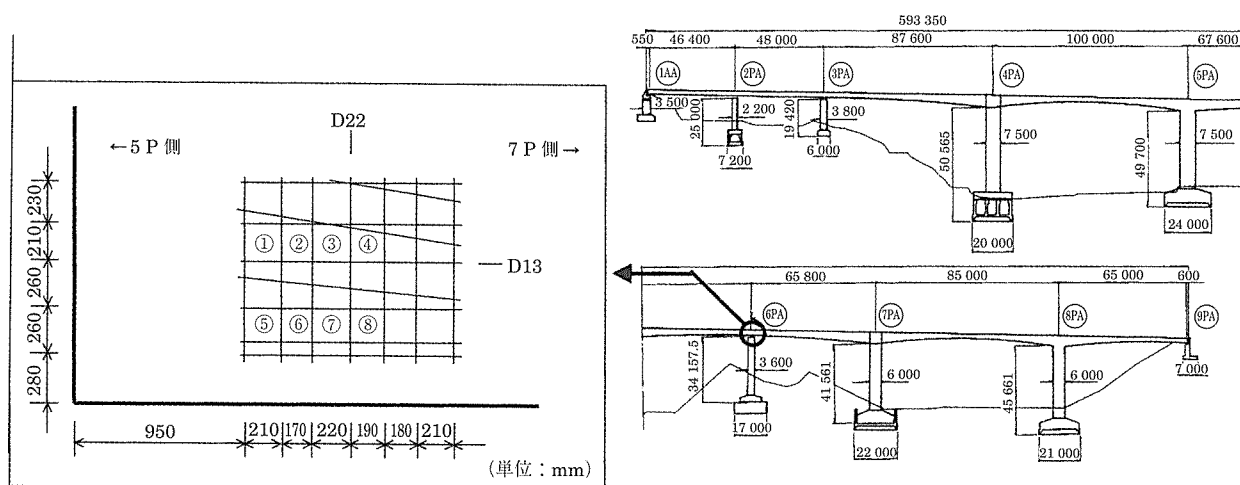


図 - 3 調査位置図 (亀浦高架橋)

表 - 2 調査項目、調査場所一覧

橋梁名	調査場所			調査 時期	調 査 項 目					初期データ								点検結果								
					かぶり	中性化	塩分量	コア 採取	直径 (mm)	打設 時期	設計 強度 (kgf/cm ²)	セメント 種類	W/C (%)	単位 セメント量 (kg/m ³)	粗骨材 最大寸法 (mm)	スランブ 範囲 (cm)	空気量 (%)		設計 かぶり (mm)							
舞子高架橋	—			—	—	—	—	—	—	H8	400	早強	36.0	483	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	50	クラック エフロレッ センス							
【参 考】 明石海峡大橋 1A 駐車帯	明石 1A	西面	1 (山寄)	H13	○	○	○	ド 4	28	H8	240	高炉 B	54.0	306	20	8	4.5 ± 1.5	74.5	—							
			2 (中央)		○	○	○	ド 4	28									76								
			3 (海寄)		○	○	○	ド 4	28									76								
		東面	1 (山寄)	H13	○	○	○	ド 4	28									74.5								
			2 (中央)		○	○	○	ド 4	28									76								
			3 (海寄)		○	○	○	ド 4	28									76								
	松帆高架橋	—			—	—	—	—	—	H8	400	早強	41.0	447	20	8 ± 2.5	4.5 ± 1.5	50		クラック エフロレッ センス						
【参 考】 明石海峡大橋 4A 駐車帯	明石 4A	西面	1 (山寄)	H13	○	○	○	ド 4	28	H8	240	高炉 B	54.0	311	20	8	4.5 ± 1.5	87.5	—							
			2 (中央)		○	○	○	ド 4	28									89								
			3 (海寄)		○	○	○	ド 4	28									90.5								
		東面	1 (山寄)	H13	○	○	○	ド 4	28									87.5								
			2 (中央)		○	○	○	ド 4	28									89								
			3 (海寄)		○	○	○	ド 4	28									90.5								
	亀浦高架橋	6P 桁	北面	上	H13	○	○	○	ド 4	28	S59	400	早強	40.8	400	25	3～8	4 ± 1		縦筋 ： 50 横筋 ： 72	クラック エフロレッ センス 漏水					
下	○			○		○	ド 4	28																		
下面	IC 側 鳴門側		H12		○	○	ド 2	20																		
与島高架橋	YB5P 桁	西面	上	H13	○	○	○	ド 4	30	S61	400	早強	41.2	400	25	8 ± 1.5	4 ± 1	38	エフロレッ センス							
			下		○	○	○	ド 4	30																	
	BB1A 桁	東面	H13	○	○	○	ド 4	30	S62	41																
		西面		○	○	○	ド 4	30																		
生口橋(PC 桁)	2P 桁	東面	H13	○	○	○	ド 4	30	H2	400	早強	42.0	400	20	7.5～9.5	3.5～ 4.5	54.5	クラック エフロレッ センス 漏水								
		西面		○	○	○	ド 4	30																		
	3P 桁	東面	H13	○	○	○	ド 4	30	H2										400	早強	42.0	400	20	7.5～9.5	3.5～ 4.5	54.5
		西面		○	○	○	ド 4	30																		

※「コア採取」欄の「ド 4」とは、4 箇所ドリルで削孔したコンクリート粉を利用した。

※初期データの内、コンクリートデータは示方配合および設計強度。

代表して亀浦高架橋の調査位置を図 - 3 に示す。

(3) 調査方法

①鉄筋のかぶり

調査箇所付近約 1 m 四方の鉄筋のかぶりについて、電磁波反射法 (RC レーダ) を用いて調査した。

②中性化深さ

試料採取のために削孔したドリル孔 (φ 30 mm 程度) において、フェノールフタレイン法で調査した。ドリル孔を水洗いし、十分乾かした面にフェノールフタレイン溶液を吹き付け、中性化深さ (赤変した位置までの深さ) を定規もしくはノギスなどを用いて 0.1 mm 単位まで測定した。測定点は、1 ドリル孔につき上下左右の 4 点とし、削孔したドリル孔全てに対して計測した。

③塩分量

ドリル削孔時に採取したコンクリート粉末試料を用いて、深さ 20 mm ごとに全塩分量を深さ 60 mm まで測定した。塩化物イオン濃度の分析は、硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析法¹⁾ (JCI—SC5) に基づいて、「電位差滴定法」により求めた。

3. 現地調査結果

3.1 鉄筋かぶり

鉄筋かぶりについては全体的にバラツキが大きく、平均値は設計値に対しやや小さめであった。

3.2 中性化深さ

中性化深さの調査結果を表 - 3 に示す。調査の結果、中性化は、比較的進行しており、同じ橋梁においても調査場所によっては、かなりその値が異なっている。これは卓越風向や雨水の影響などで差が生じたものと考えられる。

3.3 塩化物イオン濃度

塩化物イオン濃度の調査結果を表 - 4 に示す。

塩化物イオン濃度についても中性化同様、同じ橋梁においても床版側面と下面、同じ面でも上下で測定結果にバラツキがみられる。この原因についても卓越風向、雨水の影響を受けているものと考えられる。

4. 劣化予測および評価・判定

4.1 予測方法

劣化の予測にあたっては、「コンクリート標準示方書 [維持管理編]」(以下「標準示方書」²⁾) という) にしたがって以

下のとおりとした。

(1) 中性化

・予測期間：建設後 200 年

・予測式： $\sqrt{t}$ 則

・中性化残り：25 mm

(2) 塩害

・予測期間：建設後 200 年

・予測式：塩化物イオン濃度の浸透予測はフィック (Fick) の拡散方程式 (1) による

$$C(x, t) = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D \cdot t}} \right) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、

$C(x, t)$ ：深さ x (cm)、時刻 t (年) における塩化物イオン濃度 (kg/m^3)

C_0 ：表面における塩化物イオン濃度

Erf ：誤差関数

x ：コンクリート表面からの深さ (cm)

D ：塩化物イオンのみかけの拡散係数 ($\text{cm}^2/\text{年}$)

t ：構造物完成時からの時刻 (年)

・腐食限界：鉄筋位置における塩化物イオン濃度が $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ に達するとき

・表面塩化物イオン濃度：標準示方書³⁾ および建設省土木研究所提案式⁴⁾ から求まる数値

表面塩化物イオン濃度を上述のように設定したのは、本四連絡橋がいまだ建設からの経過年数が短いため、現地調査で得られた値が一定値になっていないことが想定されたことによる。

また、初期含有塩化物イオン濃度がフィックの拡散方程

式の C_0 および D に影響を与える可能性があるため、初期塩化物イオン濃度を除いた検討も合わせて実施した。なお、 C_0 および D にはバラツキ (標準偏差) を考慮し、予測値には幅をもたせた。

4.2 予測結果

(1) 中性化

中性化の予測結果の一部を図 - 4 に示す。

中性化深さを縦軸に、経過年数を横軸にとりバラツキを考慮して、予測した中性化深さをそれぞれ平均、平均 $\pm \sigma$ で表示した。

予測結果から、亀浦高架橋、与島高架橋については、目標耐用年数以内に腐食限界に達する結果となった。

(2) 塩化物イオン濃度

塩化物イオン濃度の浸透予測結果の一部を図 - 5 に示す。

塩化物イオン濃度についても中性化同様にデータのバラツキを考慮し、範囲をもたせて整理した。

腐食限界は、鉄筋位置における塩化物イオン濃度が $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ に達した時点としたが、今回の調査結果からの予測においては目標耐用年数以内に腐食限界に達する橋梁はなかった。

初期含有塩化物イオン濃度として測定値のうちの最小値を差し引き、 C_0 および D を算出した場合と、初期塩化物イオン濃度を考慮しない場合とを比較した。その結果、初期含有塩化物イオン濃度を考慮した場合の方が、 C_0 は大きくなり、 D は小さくなる結果となった。これにより、鉄筋位置における塩化物イオン濃度は大きくなり、腐食限界到達時期は早くなる結果となった。しかし、与島高架橋 (YB5P 桁西面) を除いて、 C_0 の平均値は標準示方書³⁾ に示される

表 - 3 中性化調査結果

橋梁名	調査場所	調査時期	設計かぶり (mm)	中性化深さ実測 (mm)				
				測点数	最大値	最小値	平均	標準偏差
明石海峡大橋 1A 駐車帯 (舞子高架橋)	明石 1A 西 (山)	H13	74.5	32	7.4	4.6	5.8	0.8
	明石 1A 西 (中)		76.0	32	8.7	3.6	5.9	1.2
	明石 1A 西 (海)		76.0	32	9.3	3.7	5.6	1.3
	明石 1A 東 (山)	H13	74.5	32	9.5	3.9	6.6	1.3
	明石 1A 東 (中)		76.0	32	9.1	3.1	7.2	1.3
	明石 1A 東 (海)		76.0	32	12.6	4.0	8.1	2.2
明石海峡大橋 4A 駐車帯 (松軌高架橋)	明石 4A 西 (山)	H13	87.5	32	7.4	3.8	5.9	0.9
	明石 4A 西 (中)		89.0	32	7.3	3.7	5.3	0.9
	明石 4A 西 (海)		90.5	32	7.2	3.8	5.4	0.9
	明石 4A 東 (山)	H13	87.5	32	10.6	4.4	7.8	1.4
	明石 4A 東 (中)		89.0	32	8.6	3.5	5.0	1.0
	明石 4A 東 (海)		90.5	32	8.4	4.1	5.5	1.1
亀浦高架橋	6P 上り線 (主桁側面)	H13	50.0	16	8.0	2.0	3.3	1.9
				16	8.0	2.0	3.9	1.5
	6P 桁下 (IC 側)	H12	40.0	1	—	—	7.5	—
	6P 桁下 (鳴門側)		40.0	1	—	—	7.2	—
与島高架橋	YB4P 桁西上	H13	38.0	4	5.0	3.0	3.8	0.8
	YB4P 桁西下			4	5.0	3.0	3.5	0.9
	BB1A 桁東			4	0.0	0.0	0.1	—
	BB1A 桁西			4	0.0	0.0	0.1	—
生口橋 (PC 桁部)	2P 桁西面	H13	54.5	16	2.3	1.5	1.7	0.3
	2P 桁東面	H13	54.5	16	2.7	1.2	2.0	0.4
	3P 桁西面	H13	54.5	16	3.2	1.0	2.2	0.7
	3P 桁東面	H13	54.5	16	3.9	0.0	2.1	1.4

表 - 4 塩化物イオン濃度調査結果

橋梁名	調査場所		調査時期	設計かぶり (mm)	塩化物イオン含有量(kg/m³)				
						0～20 mm	20～40 mm	40～60 mm	60～80 mm
明石海峡大橋 1A 駐車帯 (舞子高架橋)	明石 1A 西(山)		H13	74.5	平均	0.406	0.085	0.068	—
				標準偏差	0.073	0.019	0.000	—	
	明石 1A 西(中)			76.0	平均	0.378	0.090	0.051	—
				標準偏差	0.074	0.016	0.010	—	
	明石 1A 西(海)			76.0	平均	0.400	0.158	0.057	—
				標準偏差	0.065	0.097	0.012	—	
	明石 1A 東(山)			74.5	平均	0.434	0.119	0.045	—
				標準偏差	0.040	0.010	0.000	—	
	明石 1A 東(中)			76.0	平均	0.248	0.124	0.057	—
				標準偏差	0.092	0.034	0.012	—	
	明石 1A 東(海)			76.0	平均	0.395	0.180	0.051	—
				標準偏差	0.112	0.016	0.010	—	
明石海峡大橋 4A 駐車帯 (松帆高架橋)	明石 4A 西(山)		H13	87.5	平均	0.427	0.360	0.247	—
				標準偏差	0.048	0.032	0.028	—	
	明石 4A 西(中)			89.0	平均	0.337	0.332	0.281	—
				標準偏差	0.042	0.019	0.025	—	
	明石 4A 西(海)			90.5	平均	0.360	0.236	0.208	—
				標準偏差	0.016	0.025	0.019	—	
	明石 4A 東(山)			87.5	平均	0.332	0.422	0.270	—
				標準偏差	0.142	0.058	0.000	—	
	明石 4A 東(中)			89.0	平均	0.416	0.281	0.231	—
				標準偏差	0.034	0.025	0.025	—	
	明石 4A 東(海)			90.5	平均	0.236	0.152	0.152	—
				標準偏差	0.019	0.019	0.019	—	
亀浦高架橋	6P 上り線 (主桁側面)	上	H13	50.0	平均	0.707	0.116	0.052	—
		下		標準偏差	0.226	0.033	0.010	—	
	6P 桁下(IC側)		H12	40.0	—	0.67	0.09	0.07	0.07
				6P 桁下(鳴門側)	40.0	—	0.58	0.09	0.05
	与島高架橋	YB4P 桁西上		H13	38.0	平均	1.018	0.250	0.270
標準偏差					0.239	0.031	0.117	—	
YB4P 桁西下			38.0		平均	1.098	0.263	0.223	—
			標準偏差		0.180	0.054	0.026	—	
BB1A 桁東			41.0		平均	0.590	0.223	0.238	—
			標準偏差		0.010	0.026	0.013	—	
BB1A 桁西			41.0		平均	0.725	0.278	0.220	—
			標準偏差		0.017	0.051	0.037	—	
生口橋 (PC 桁部)	2P 桁西面		H13	54.5	平均	0.383	0.004	0.005	—
				標準偏差	0.043	0.003	0.003	—	
	2P 桁東面			54.5	平均	0.402	0.005	0.004	—
				標準偏差	0.009	0.000	0.000	—	
	3P 桁西面			54.5	平均	0.265	0.006	0.006	—
				標準偏差	0.134	0.001	0.001	—	
	3P 桁東面			54.5	平均	0.018	0.005	0.005	—
				標準偏差	0.006	0.001	0.003	—	

値と同等もしくはそれ以下であり、標準示方書³⁾に示される値を用いて予測を行った場合より鉄筋位置での塩化物イオン濃度は小さくなる。なお、C₀が逆に大きくなった与島高架橋(YB5P 桁西面)についても、腐食限界に達するのは目標耐用年数以降になるという結果となった。

初期含有塩化物イオン濃度を考慮した場合としない場合の予測結果を代表例として図-6に示す。

(3) 予測結果の評価

予測結果から、現時点における舞子高架橋・松帆高架橋

については対策を講じる必要はなく、また、亀浦高架橋・与島高架橋および生口橋についても塩害については現状で対策を講じる必要はないが、中性化のおそれはあることが分かった。

以上のことから塩害については、すべての検討対象橋梁において現時点では対策を講じる必要はないと判断した。

また、中性化については、設定した目標耐用年数以内に中性化が腐食限界値に達する橋梁もあるが、

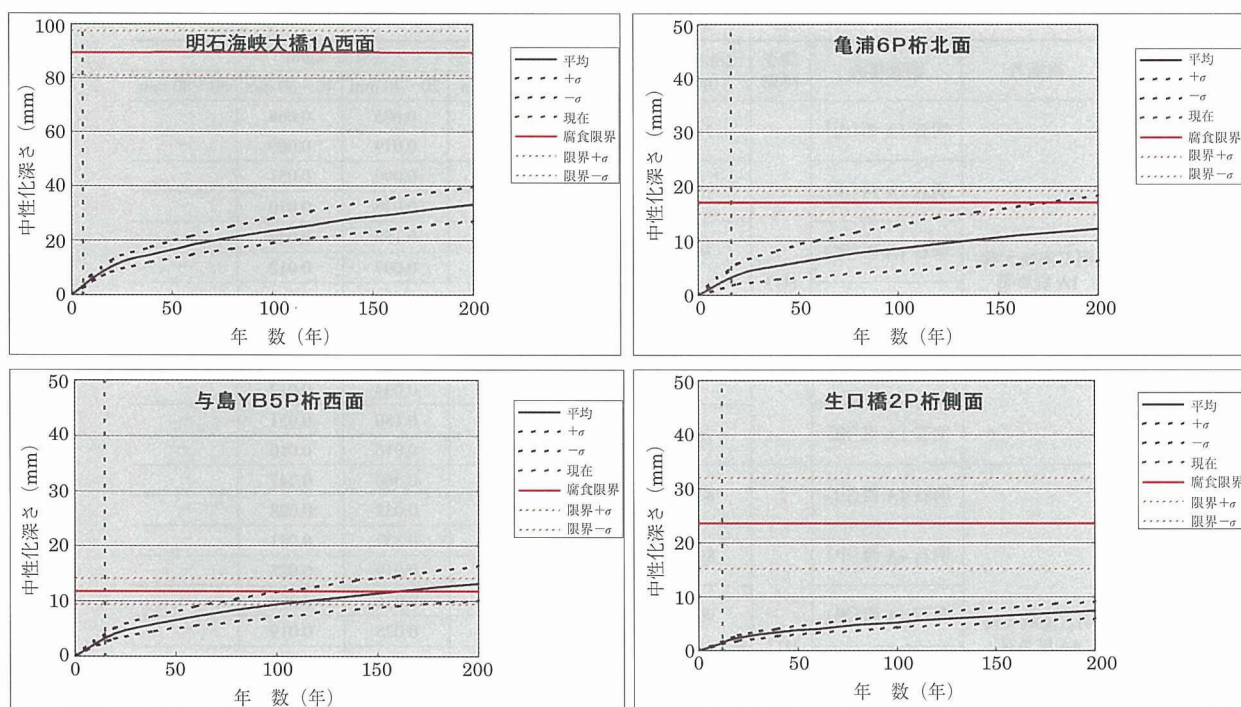


図 - 4 中性化予測結果

- ①現在標準示方書等で中性化の規定があるが、この規定が厳しすぎるという見解もあり、今後、見直される可能性があること。
- ②現時点で中性化による劣化は認められないこと。
- ③塩化物イオン濃度の拡散は表面被覆等の対策後も継続すると考えられるが、中性化の場合は対策後には進行がほぼ抑止できると考えられること。

などから早急に対策を講じる必要はないと判断した。

なお、長寿命化の検討対象としたPC橋について、今後とも以下のような調査を実施し、予測精度の向上を図るとともに目標耐用年数を確保するための一手段とすることにした。

・5年後に亀浦高架橋（もしくは与島高架橋）において1ヶ所（ドリル4本）の中性化深さおよび塩分量の調査を

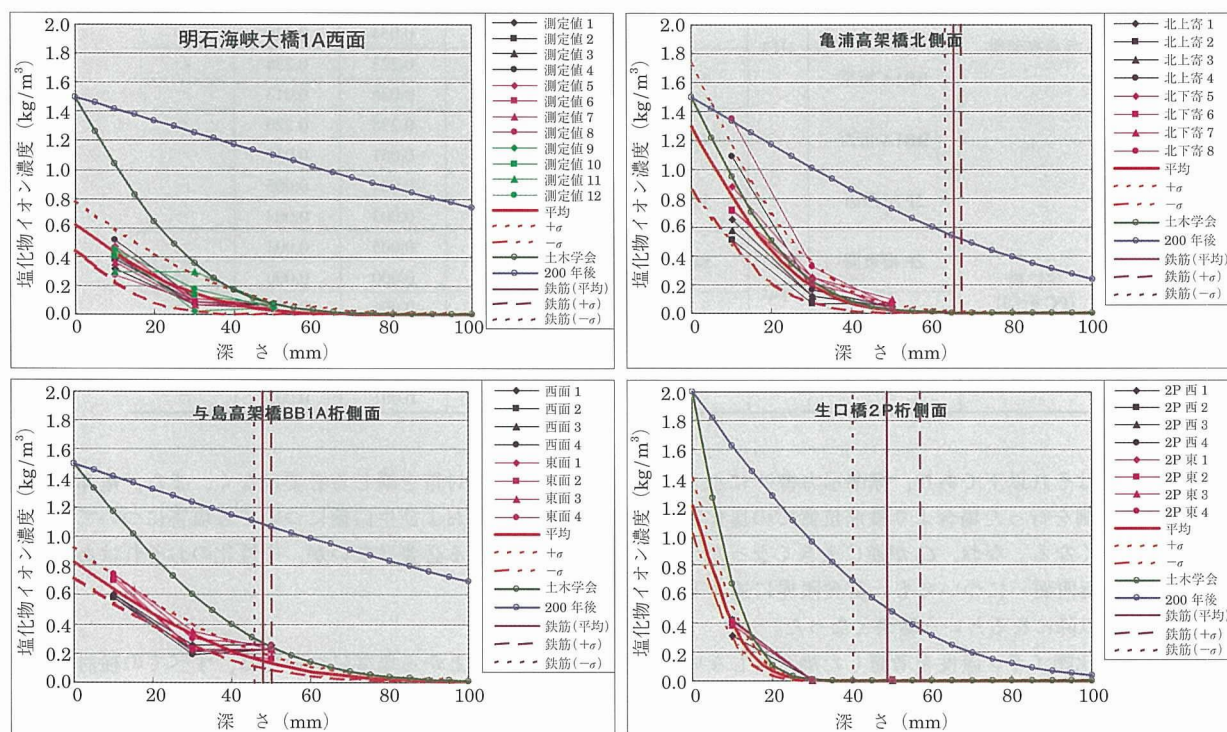


図 - 5 塩化物イオンの浸透予測結果

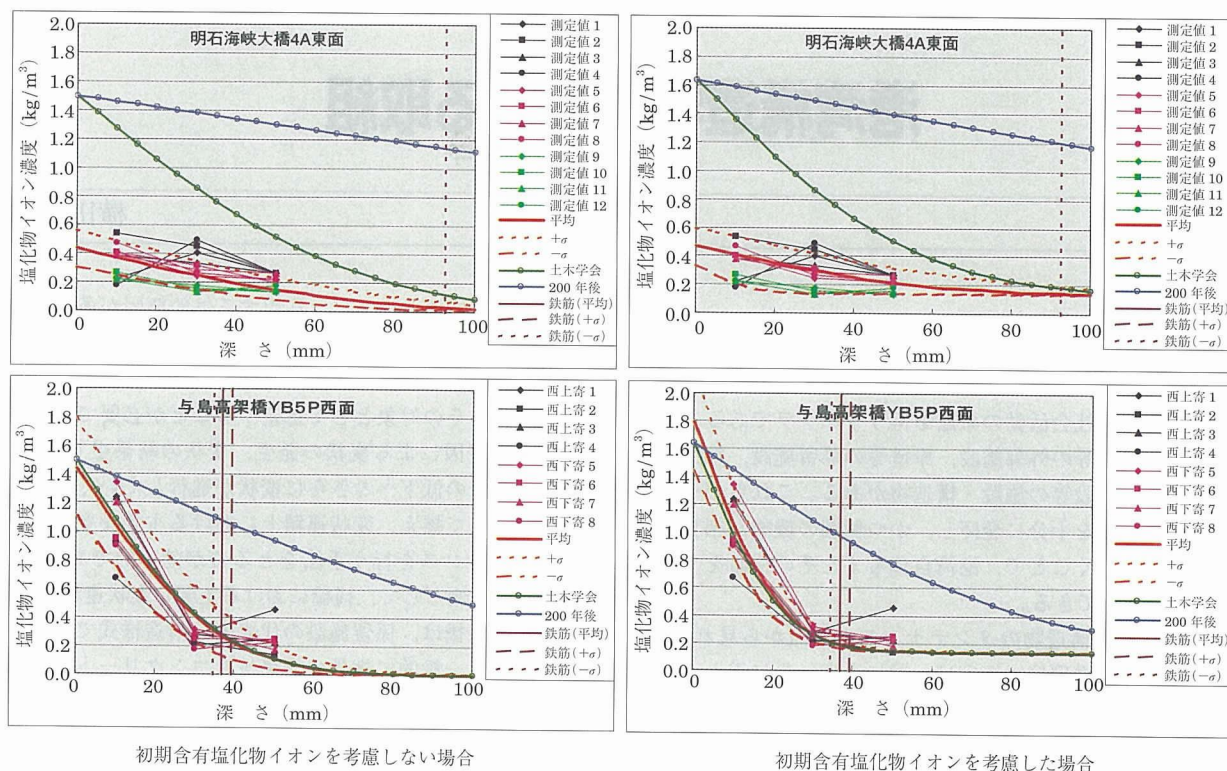


図-6 初期含有塩化物イオンの劣化予測への影響

実施し、調査時の劣化状況と以降の劣化予測を行う。

- ・今回調査と5年後（平成18年度）の調査結果とを比較し、変化の程度が小さい場合はさらに5年後（平成23年度）に残りの各橋梁において同様の調査および劣化予測を行う。
- ・変化の程度が大きい場合は直ちに各橋梁での調査、劣化予測を行う。
- ・以上を「PC橋の長寿命化のための調査要領（案）」としてとりまとめ、維持管理担当への引継の徹底を図ることにした。なお、調査方法、劣化予測は実施時における最新の知見によるものとした。

5. おわりに

今回の検討により、本四連絡橋の海峡部鋼長大橋に接続するPC構造物の塩害、中性化に着目した劣化の現況、目標耐用年数までの劣化予測の把握、およびデータの整理方法を含めた長寿命化のための管理方針を得ることができた。

今後は、データの蓄積と予測精度の向上に努める必要があると考えている。

本四連絡橋においては、今回の長寿命化の検討対象とな

ったPC橋以外のコンクリート構造物についても通常点検業務の中で塩害と中性化について非破壊検査を実施しており、この検査結果により現況と劣化予測を行い、定量的なデータをもとにした予防的保全を実施することとしている。

今回の検討にあたっては、（財）海洋架橋調査会にPC橋の長寿命化委員会（委員長 辻 群馬大学教授）を設置し、2年間にわたりご指導をいただいたものである。ここに委員各位にお礼を申し上げる次第である。

参考文献

- 1) コンクリート構造物の腐食・防食に関する試験方法ならびに基準（案）社団法人 日本コンクリート工学協会
- 2) 2001 制定 コンクリート標準示方書〔維持管理編〕土木学会
- 3) 2002 制定 コンクリート標準示方書〔施工編〕土木学会
- 4) ミニマムメンテナンス PC橋の開発に関する共同研究報告書（Ⅱ）—コンクリート道路橋の必要かぶりに関する検討—平成12年12月 建設省 土木研究所（材料施工部コンクリート研究室、構造橋梁部橋梁研究室）、（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会

【2002年11月13日受付】