

本州四国連絡橋コンクリート構造物の維持管理

本州四国連絡高速道路株式会社

正会員

○酒井 和吉

本州四国連絡高速道路株式会社

長尾 幸雄

1. 概要

本州四国連絡橋の供用年数は、9年から27年と短いことから、現時点で大きな損傷・劣化は発生していない。しかし、架橋地点は海水飛沫や飛来塩分の影響を強く受ける海峡部に位置しているため、構造物は厳しい塩害環境下にある。

このため、海峡部橋梁のアンカレイジや主塔基礎等のコンクリート構造物に対しては、非破壊検査を実施し、予測・評価を行い、LCCを考慮して適切な補修を行う「予防保全」を実施している。

本稿では、海峡部橋梁の非破壊検査、劣化予測および瀬戸大橋アンカレイジの検討事例について述べる。

2. 非破壊検査

(1) 概要

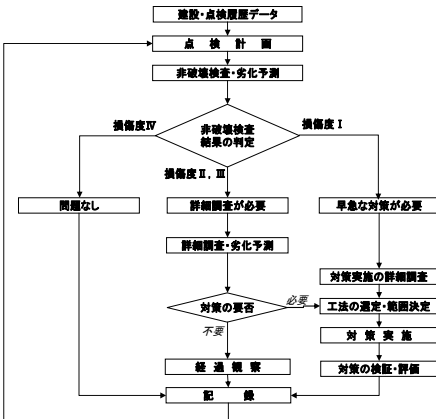
当社のコンクリート構造物の維持管理手順を図-1に示す。非破壊検査は、橋梁基本点検（1～2年間隔で実施）の一部として実施している。非破壊検査項目は、環境条件と過去の点検結果から塩害と中性化に着目し塩化物イオン濃度、中性化深さ、鋼材腐食、鉄筋かぶりとしている。測定頻度は竣工後1回/5～10年（補修後は1回/5年）である。判定基準を表-1に示す。

(2) 測定結果

1999年から2006年に実施した非破壊検査の損傷度評価を表-2に、鉄筋位置における塩化物イオン濃度の測定結果を図-2に示す。損傷度評価は、Ⅰ～Ⅳの4段階で判定している。鉄筋位置の塩化物イオン濃度は、塩害環境が厳しく、供用年数の長い大鳴門橋関連で高い。なお、中性化深さは、各橋梁ともバラツキがあり、経過年数との明確な関連は見られなかった。

3. 劣化予測

塩害については、調査結果から得られた塩化物イオン濃度分布を基に、表面の塩化物イオン濃度と拡散係数を算出し、フィックの拡散方程式により塩化物イオンの浸透予測を行っている。鉄筋位置の鋼材腐食限界濃度は、



注) 損傷度の判定は、表-1による。

図-1 コンクリート構造物の維持管理手順

表-1 非破壊検査の判定基準

損傷度	塩化物イオン濃度Cl ⁻ (kg/m ³)	中性化深さ Xc (mm)	鋼材腐食 (自然電位) (mV)	想定される状況
Ⅰ	Cl ⁻ ≥2.5	Xc≥かぶり	-350≥E	コンクリート中の鋼材が腐食していると考え てよい状態。速やかに詳細調査の実施を件と する必要がある段階
Ⅱ	2.5>Cl ⁻ ≥1.2	かぶり>Xc≥1/2かぶり (ただし、かぶり<40mm)	-250≥E>-350	コンクリート中の鋼材が腐食している可能性 が高いと考えられる状態。詳細調査を行って 状況を把握することが望ましい段階
Ⅲ	1.2>Cl ⁻ ≥0.3	かぶり>Xc≥1/2かぶり (ただし、かぶり≥40mm)	-150≥E>-250	場合によっては鋼材の腐食が始まっていると 考えられる状態。構造物の重要度、維持管理 レベルに応じて詳細調査を実施することが望 ましい段階
Ⅳ	0.3>Cl ⁻	1/2かぶり>Xc	E>-150	これまでの知見からすると、コンクリート中 の鋼材の腐食は生じていないと考えるのが妥 当な状態。当面は、通常の基本点検を主体と した管理で十分であると考えられる段階

表-2 非破壊検査の損傷度評価

		(箇所)								
調査年	損傷度	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	計
大	Ⅰ	0	1	2	1	0	1	0	0	5
	Ⅱ	1	7	0	8	0	4	0	4	24
	Ⅲ	7	16	9	4	1	10	4	25	76
	Ⅳ	1	5	8	9	8	5	8	10	54
計		9	29	19	22	9	20	12	39	159

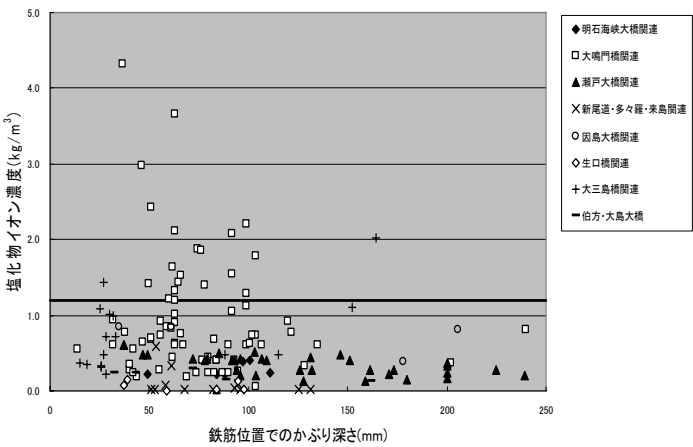


図-2 鉄筋位置の塩化物イオン濃度

キーワード 予防保全, 非破壊検査, 塩化物イオン濃度, 中性化, 劣化予測

連絡先

〒651-0088 神戸市中央区小野柄通 4-1-22 アーバンエース三宮ビル

本州四国連絡高速道路(株)

保全事業部 橋梁保全課

TEL 078-291-1000

1. $2\text{kg}/\text{m}^3$ を判定基準としている。中性化については、劣化予測は $\sqrt{t}$ 則により行い、鋼材腐食開始は中性化残りを 25mm としている。

4. 南北備讃瀬戸大橋アンカレイジの検討事例

南北備讃瀬戸大橋の下部工工事は、1982年に着手し、1985年に完了した(写真-1)。非破壊検査は1999、2000、2002年に行い、4Aアンカレイジ(BB4A)の一部で塩化物イオン濃度が高いことが確認された。ただし、足場を必要としない位置で測定されていたため、2006年にロープアクセス技術を用いて、オーバーハング部の上下面等での測定を実施し、表面被覆工の施工範囲等について検討した(図-3)。

(1) 調査結果

塩化物イオン濃度は南北面の表面で高いが、鉄筋位置(深さ 100mm)ではほとんど認められず、また、測定位置が海面から高くなるにつれ濃度は低くなった(図-4)。

中性化深さは約 20mm であった。

(2) 劣化予測及び評価

表面塩化物イオン濃度が高い北面N-2では、十数年後に鉄筋位置で腐食限界濃度に達することが分かった。

100年後に腐食限界濃度に達する高さは、南北面では約 40m 、東西面では約 15m となった(図-5)。ただし、南北面のオーバーハング部(TP+30m)より上側では、腐食限界に達する可能性が低いことが分かった。なお、中性化の限界到達時期は200年以上であった。

(3) 対策

塩害予防対策として、上記箇所を対象に2007～2008年に樹脂系による表面被覆工を施工中である。

5. 今後の対応

海峡部コンクリート構造物の非破壊検査の初期値は、現在ほぼ把握できている。今後は、追跡調査を行うとともに、ロープアクセス技術等を利用して、近接が困難な箇所等について調査を行う予定である。また、表面被覆工実施済箇所(大鳴門橋など)の検証・評価を行い、当社の経営理念である“200年以上の長期にわたり利用される橋”を目指し、万全な維持管理に努めていく。

参考文献

- 1) 「2001年制定 コンクリート標準示方書[維持管理編]」平成13年1月、(社)土木学会
- 2) 長尾幸雄：コンクリート構造物の維持管理、本四技報、Vol.32 No.110, 2008.3



写真-1 南北備讃瀬戸大橋

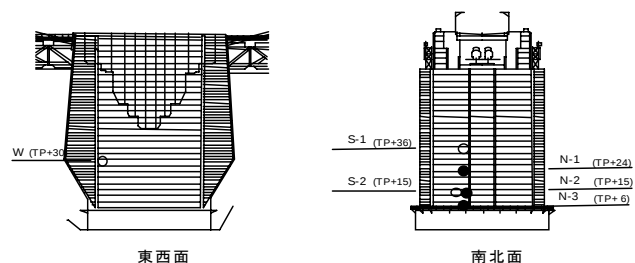


図-3 非破壊検査箇所(BB4A)

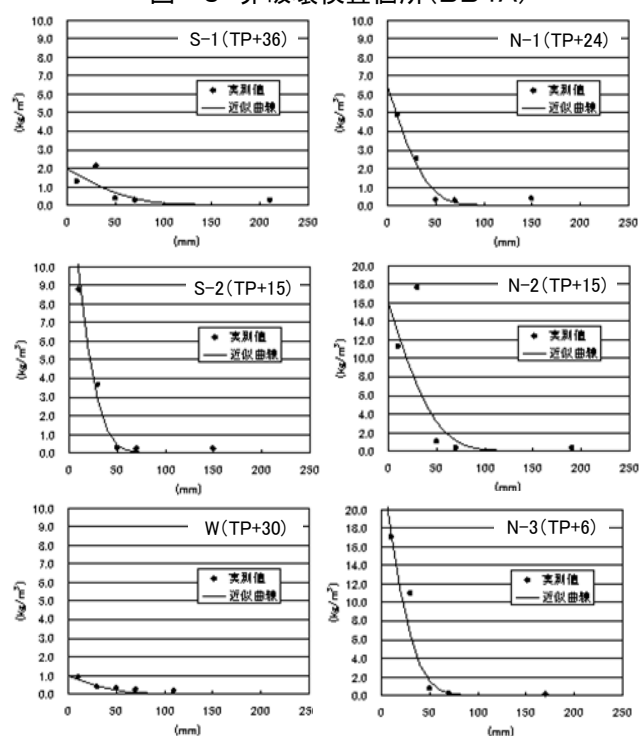


図-4 塩化物イオン濃度測定結果と近似曲線

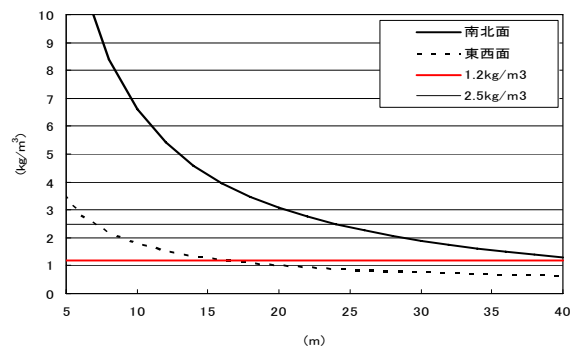


図-5 塩化物イオン濃度浸透予測
(100年後、鉄筋位置)