

# 高速湾岸線コンクリート構造物の塩害対策

工務部 設計課 古池 正 宏  
同 部 同 課 堀 江 佳 平

## 要 約

本稿は高速湾岸線のコンクリート構造物の塩害対策について昭和59年2月に刊行された道路橋塩害対策指針(案)に基づいて検討を行ったものであり、大阪湾沿岸域での塩害環境と現行基準での対策事項について述べている。主に検討した点は、①大阪湾沿岸部での気象、海象調査及び既設コンクリート構造物の損傷状況調査、②塩害対策の観点からの現行公団基準の照査である。検討の結果大阪湾沿岸での塩害環境は穏やかであり、塩害対策も現行公団基準は概ね指針(案)の規定を満足している事がわかった。

## はじめに

一般に健全なコンクリート中であってかつ十分なかぶり厚さが保たれている場合、鋼材は腐食しないと考えられている。しかし当初から材料中に塩化物が含まれている場合や建設後外部から塩化物が侵入した場合、水分や酸素の十分な供給を受けると鋼材の腐食が始まり、その膨張圧によって鋼材に沿ったひびわれやかぶりコンクリートのはく離が生じる。当初から材料中に塩化物が存在するケースとしては、除塩の不十分な海砂の使用や混和剤中の塩化物が考えられるが、これらについては、マスコミ等でもとりあげられ規制効果もあがってきた。外部からの侵入塩としては、海水の作用(海塩粒子の飛来)、冬期の凍結融氷剤(例えば塩化カルシウム)の散布等が考えられる。

この内、海塩粒子の飛来による塩害について、昭和59年2月日本道路協会より「道路橋の塩害対

策指針案<sup>(1)</sup>」(以下指針案とする)が刊行された。

この指針案は海岸線付近のコンクリート道路橋の塩害損傷を防止または軽減する為の当面措置すべき事項について規定したものであり現在阪神高速道路公団が建設を進めている高速湾岸線がこれに該当する。本稿は湾岸線のコンクリート構造物に同対策指針案を適用するに当たって行った、大阪湾沿岸域での塩害環境調査と設計上の対応についての検討結果を記したものであり、この成果は阪神公団の設計基準<sup>(2)</sup>に反映されている。

指針案に示されている塩害対策の基本はまず架橋地点の塩害環境の厳しさを把握することであり、地域別に海からの距離によって対策水準を定めている。調査の結果、大阪湾沿岸域は塩害環境の厳しいとされている沖縄や北海道、東北、北陸地方の日本海岸に比較すると穏やかであり損傷例も飛沫帯部を除いては軽微である事がわかった。これより一部部材を除いては入念な施工を行う限り通常の条件では特別な措置は必要ないと判断される。

以下に調査検討の概要を示す。

## 1. 大阪湾沿岸域での塩害調査

### 1-1 一般調査方針

指針案では我国の海岸部を塩害環境の厳しさによって3地域(A、B、C)に分類し、それぞれの地域で海岸線からの距離によって3段階(I、II、III)の鋼材のかぶり厚増を基本とした塩害対策を行うとしている。湾岸線の予定地域は地域区分Cでその大部分が対策区分I、IIに相当する。

しかし地域区分Cは塩害環境の厳しい上述の地域を除いた全ての我国の海岸が含まれており、同区域内でも内海、外洋の違いあるいは後背地の地形状況などによりかなりの地域差があると想定される。また指針案の地域区分や対策区分の設定の際の基礎資料となった建設省の全国調査<sup>(8)</sup>でも大阪湾での詳細な調査は行われておらず、塩害対策の適用にあたっては十分な調査検討が必要と考えられた。指針案自体、架橋地点の状況により対策区分を一段階下げて変更できるとしている。

塩害損傷に与える各環境因子の影響については建設省土木研究所の全国調査<sup>(8)</sup>によりその定量的な傾向がある程度把握されている。本調査では土木研究所の手法に基づき環境と実構造物の塩害発生状況について調査を行った。そして土研の調査結果をもとに全国との相対評価を行うとともに地域的な被害実態の把握を試みた。

### 1-2 塩害環境調査

調査は(1)湾岸線建設予定位置の地理・地形条件(2)気象条件(3)海象条件の3項目について行った。

#### 1-2-1 地理・地形条件

工事実施計画書をもとに海岸線からの距離、計画、高さについて整理を行った。

海岸線からの距離は道路軸に直交する方向で路線中心から海岸線までの最短距離で表した(図-1)。路線は埋立地と水路を縫うような形で計画されており海岸線までに水路が存在するような場合は水路までの距離とした。また将来埋立が計画

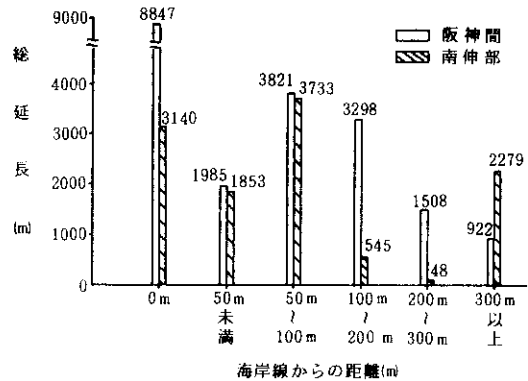


図-1 湾岸線における海岸線からの距離分布

されている場合でも現状の海岸線までの距離とした。大部分の構造物は海岸線から200 m以内に位置しており、指針案によれば何らかの塩害対策が必要な区域となっている。しかし水路、運河に面した地域については埋立地によって海からの影響が緩和される事も考えられる。

湾岸線計画高さの分布を図-2に示す。埋立地での地上高さは15~20 m、海面上で20~30 mであり、上部工が飛沫帯に位置するようなケースは少ない。

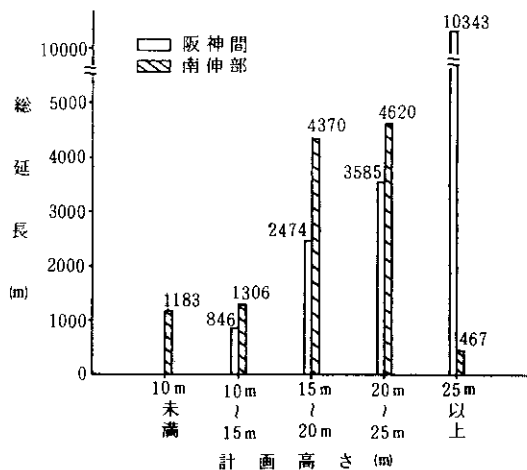
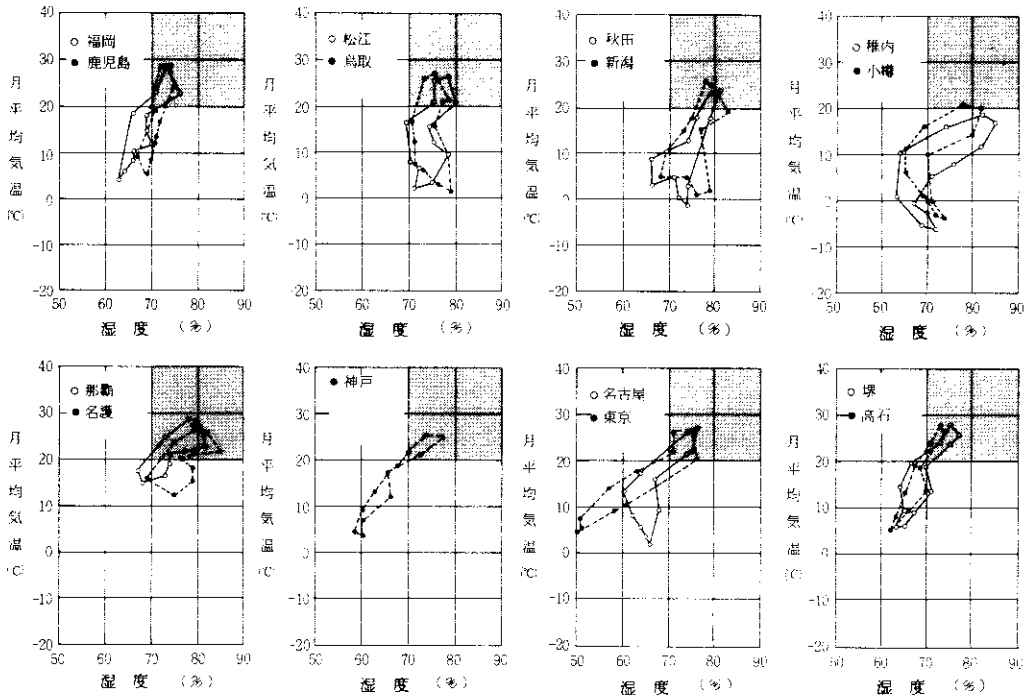


図-2 湾岸線における計画高さの分布

#### 1-2-2 気象条件

大阪湾沿岸域での気温、湿度、風向、風速の気象データ<sup>(4)(5)(6)(7)</sup>を収集、整理し全国主要地点との比較を行った。

○気温・湿度



図一3 温度-湿度相関図

図一3は、神戸、堺、高石において測定された昭和55～57年度までの3年間の月平均気温と湿度との関係を全国主要都市や塩害環境の厳しいとされている個所での関係と比較したものである。同図では腐食環境の厳しいといわれている気温20℃以上、湿度70%以上の範囲を特に明示してあるが、大阪湾沿岸域では年4回がこの範囲に含まれている程度である。

○風向、風速<sup>(8)(9)</sup>

神戸、堺で昭和55年度から3年間の風向記録を月別の平均値から平均的な風配図を求め全国の主要個所での風配図と比較したものが図一4である。同図には年間平均風速もあわせて表示した。神戸、堺とも海からの風の吹く頻度は小さい。

○錆による劣化度

上述の気温と湿度の関係からブルックの式<sup>(10)</sup>による鉄の錆による劣化度を計算するとともに海風速を計算して全国主要地点との比較を行った。海風速は次式<sup>(8)</sup>より求めた。(図一5)

$$V = \sum_{i=1}^m U_0 f_i \sin \theta_i$$

ここで  $U_0$  : 平均風速

$f_i$  : 風向別頻度数

$\theta_i$  : 風向と海岸線のなす角度

$m$  : 海塩粒子の飛来する方向数

これによると大阪湾沿岸域は鋼材腐食に関しては海洋環境は平穏で塩害損傷度が低いと判断される。

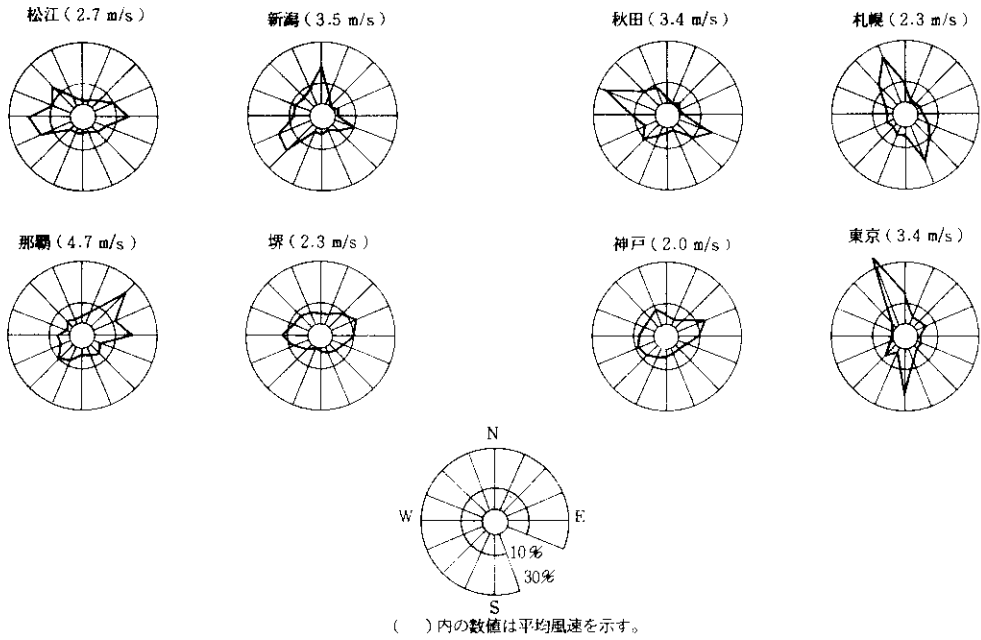
1-2-3 海象条件

阪神間の検潮所(大阪、神戸)の潮位データ<sup>(11)</sup>と海塩粒子の飛来量について調査した。

○潮位

大阪、神戸と全国主要地点での月平均潮位の年間変動量を表したものが図一6である。潮位はTPを基準としている。大阪湾の年間変動量は約30cm、平均潮位が10cm前後であるのに対して日本海岸の方が大きい値を示している。

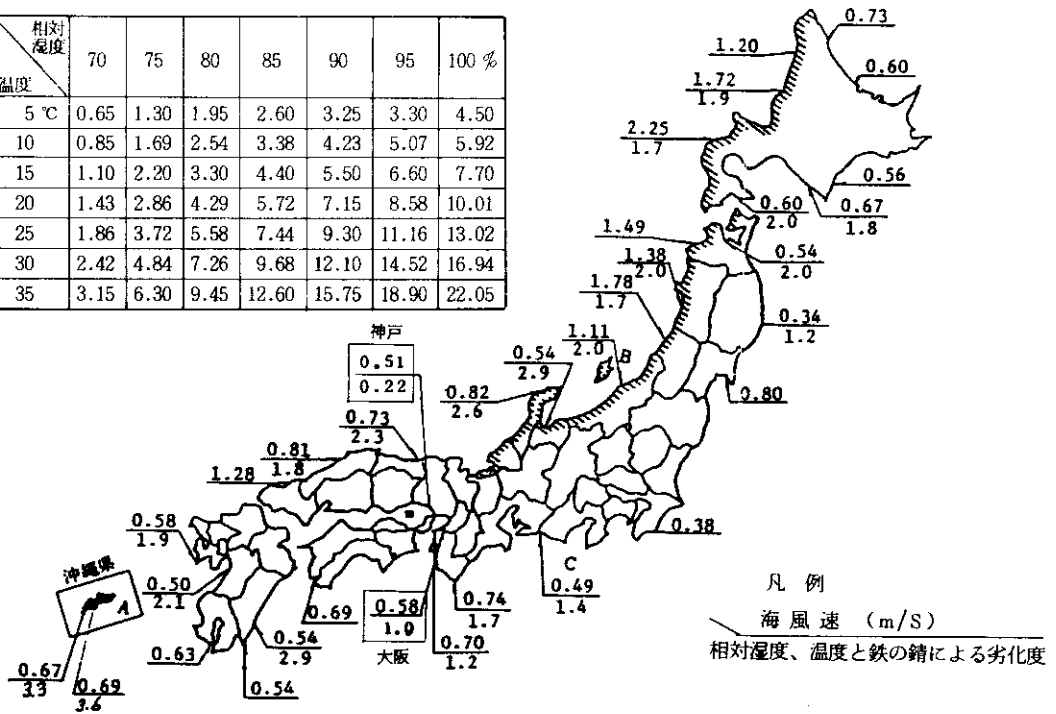
○飛来塩分量



図一 風配図

温度と鉄の錆による劣化度 (ブルック式による)

相対湿度 \ 温度	70	75	80	85	90	95	100%
5℃	0.65	1.30	1.95	2.60	3.25	3.30	4.50
10	0.85	1.69	2.54	3.38	4.23	5.07	5.92
15	1.10	2.20	3.30	4.40	5.50	6.60	7.70
20	1.43	2.86	4.29	5.72	7.15	8.58	10.01
25	1.86	3.72	5.58	7.44	9.30	11.16	13.02
30	2.42	4.84	7.26	9.68	12.10	14.52	16.94
35	3.15	6.30	9.45	12.60	15.75	18.90	22.05



図一 5 各地域の海風速及び相対湿度、温度と鉄の錆による劣化度

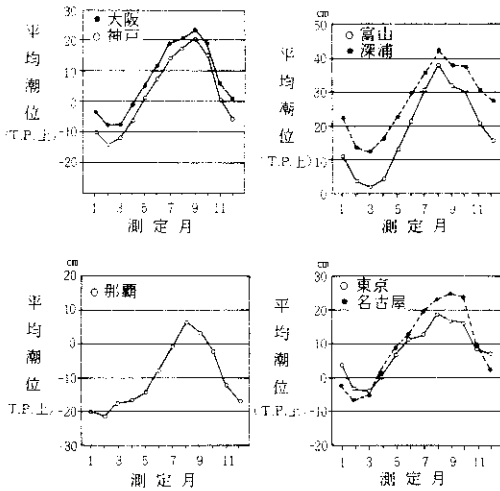


図-6 潮位変化

コンクリート表面に付着する塩分量を測定する為に土木研究所で考案された補集器<sup>(12)</sup>を用いた。同器は10cm×10cmのステンレス製補集板に付着した海塩粒子を蒸留水で洗い流し塩分量を分析(イオンクロマトグラフ法)するものである。

補集器の設置位置は、泉北埋立地と神戸メリケン波止場の2ヶ所であり、昭和59年9月より1月/1回の割合で測定を行った。(昭和60年8月より新たに3カ所追加して測定中) 表-1に両地点の分析結果を示す。

泉北埋立地のデータは西側海岸線から約20mの

表-1 飛来塩分量分析結果〔NaCl〕

		泉北埋立地	神戸メリケン波止場
S59.9.1 ~ 9.30	mg	16.5	0.8
	mdd	0.55	0.027
S59.10.1 ~ 10.31	mg	144	0.7
	mdd	4.645	0.023
S59.11.1 ~ 11.30	mg	10.0	0.3
	mdd	0.333	0.010
S59.12.1 ~ 12.28	mg	358	1.1
	mdd	12.785	0.039
S59.12.29 ~ 60.2.2	mg	209	5.1
	mdd	5.806	0.142

注) mdd :  $W(\text{mg}) \times \frac{1}{\text{day}} \times \frac{1}{\text{補集面積}(\text{dm}^2)}$

位置に地上1.5mに設置した補集器から、神戸メリケン波止場のデータは阪神高速神戸線P443橋脚の地上高3.5mの海側側面で突堤先から5mの位置に設置した補集器から得られたものである。泉北埋立地の測定値が神戸より大きいのは海よりの風がやや卓越していることと沖合の埋立地(ポートアイランド)による緩和効果が考えられる。

図-7は新潟泉下の海岸(荒磯型)における飛来塩分量の測定結果<sup>(8)</sup>に両地点で測定された平均値(12月)を記入したものである。泉北での測定値がやや大きいものの、両地点ともに海からの影響は日本海側に比べて小さいと言える。

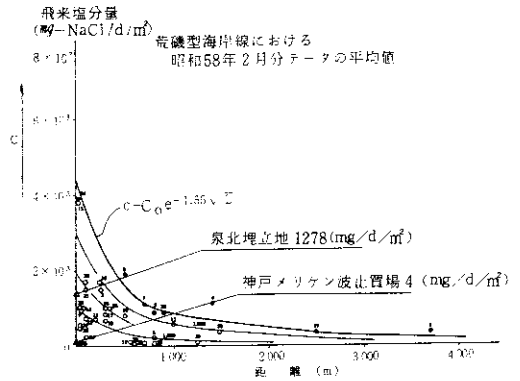


図-7 飛来塩分量の比較

### 1-3 大阪湾岸域の既設コンクリート構造物の塩害発生状況の調査

大阪湾岸域(岸和田~神戸間)のコンクリート構造物について現地踏査により塩害発生状況の確認を行った。損傷の認められた構造物についてさらに詳細な調査を行った。

#### 1-3-1 現地踏査による調査

調査対象とした橋梁は海岸線から1,000m以内の橋長10m以上のもので約75橋である。これ以外にも若干の港湾構造物についても調査した。

調査は原則としてスケッチ、写真等外観調査により行い、塩害によると想定される損傷状況によって次の3段階に分類した。

Aランク 橋軸方向ひびわれ、大きなはく離等著しい損傷が見られるもの

- Bランク Aランク程ひどくはないが、局部的なはく離ひび割れが見られるもの
- Cランク 健全あるいは、他の要因による損傷が見られるもの

橋梁の調査ではAランクのものは発見されなかった。損傷の主なものは床版張出し部や高欄外側の一部鉄筋腐食によるひびわれやはく離であり、Bランク相当のものが8橋見出された。しかし飛沫帯にある港湾構造物(RC・PC栈橋)についてはAランク相当の損傷(2例)が見出された。

現地踏査の結果判明した塩害発生状況を構造物の海岸線からの距離と供用年数との関係で表したものが図-8である。コンクリート材令が30年程度では塩害損傷の発生は海岸線から300m以内の範囲に多い。

### 1-3-2 損傷を受けたコンクリート構造物の調査

現地踏査で塩害によると想定される損傷が認められた構造物5ヶ所についてさらに詳細な調査を

行った。調査項目は (1)コア採取によるコンクリート中の塩分分析、(2)鉄筋腐食、コンクリート品質調査である。

#### (1) コア採取による塩分分析

φ50×100mm程度のコアを採取し表面からの深さごとに全塩素および水溶性塩素量について調べた。全塩素量はセメント協会<sup>(13)</sup>、水溶性塩素量は日本コンクリート工学協会<sup>(14)</sup>の分析手法によった。

図-9、10はそれぞれコアを分析して得た全塩素、水溶性塩素量をコンクリートの乾燥重量に対するNaCl重量換算<sup>(16)</sup>で表したものである。なお神戸線のデータは現在供用中の公団路線で最も海岸線に近く建設されている構造の代表例として抽出したもので外観上損傷が見られたものではない。また黒印は損傷構造、白ヌキは非損傷構造からのコアによる分析結果である。

被害損傷度Aランクの構造物(泉北埋立地擁壁神戸RC栈橋)からは高い塩素量が検出されている。また塩素量は表面から深くなるにしたがい小さくなっており、外部から侵入した事がわかる。

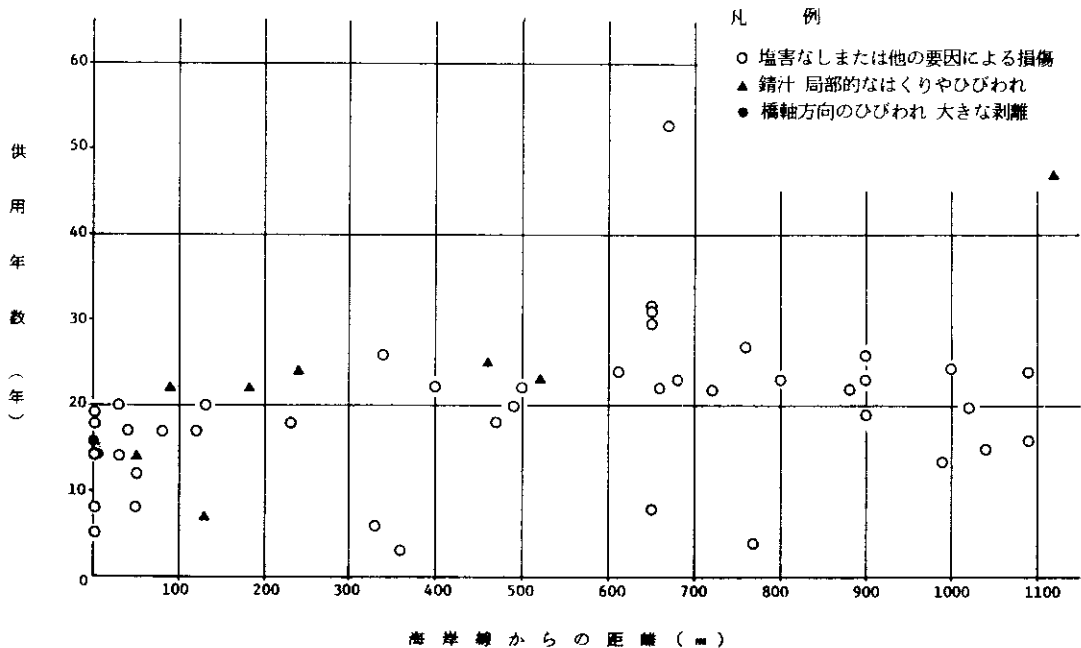
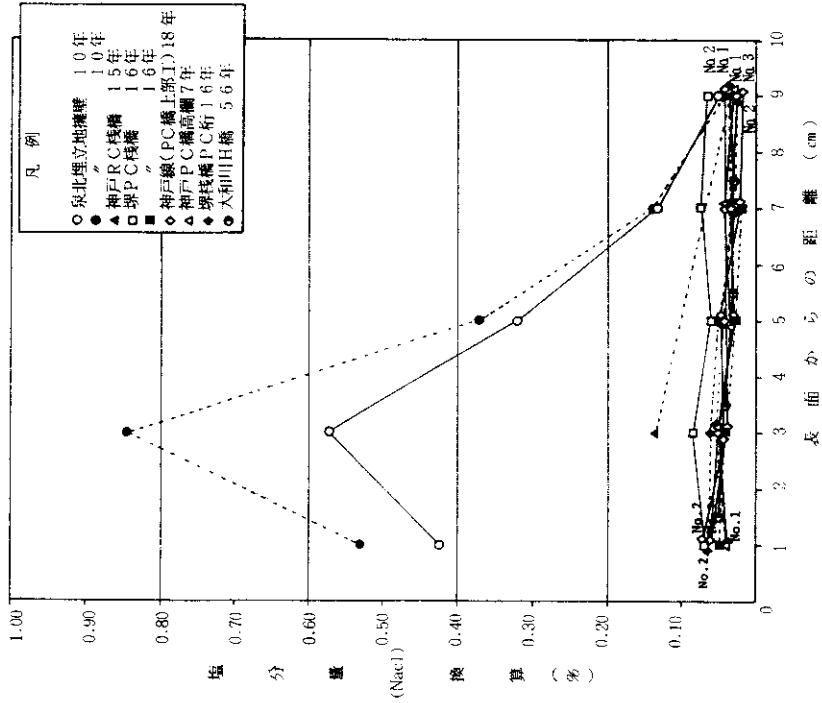
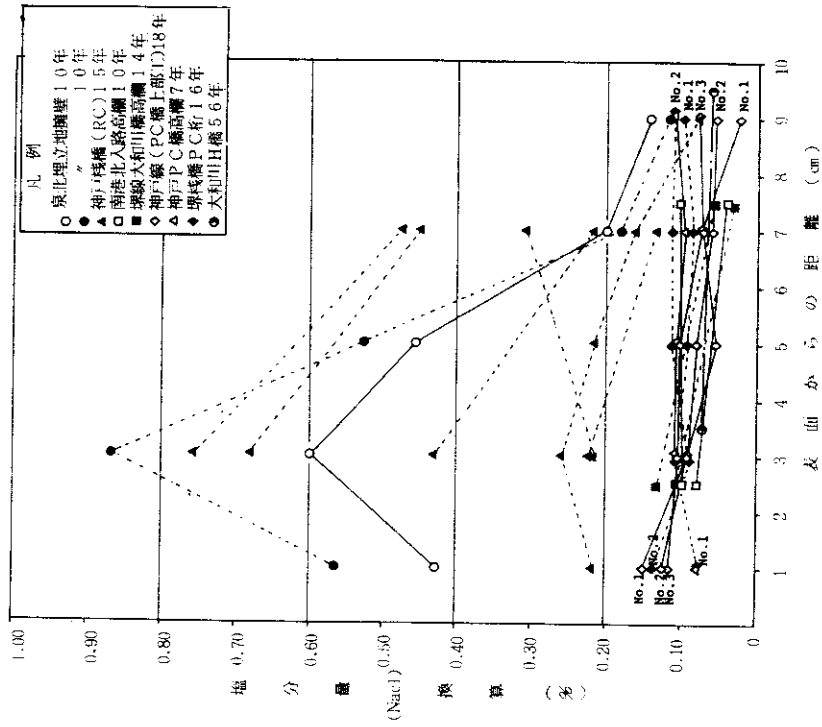


図-8 大阪湾沿岸部における塩害発生状況



図一9 コンクリート中の全塩素量分析結果



図一10 コンクリート中の水溶性塩分量分析結果

神戸線の塩素量は従来の阪神高速道路の調査<sup>(15)</sup>の平均的な値(0.05~0.15%)と大差ない。

堺PC栈橋の測定結果は損傷部位からのコア採取が構造物の安全上不可能であった為1m程度離れた端横桁の非損傷部位から採取したコアによる分析値である。同じ波返し部近傍に位置するとはいえ、過大な塩素量は検出されなかった。局部条件のわずかな差の損傷発現に与える影響は大きい。

#### (2) 鉄筋の腐食調査、コンクリートの品質調査

鉄筋の腐食調査は自然電位法を用いた。同測定法は一部はつり出した鉄筋を電極としてその延長上にある鋼材との間の電位差を測定するものでASTMにおいて規格化<sup>(16)</sup>されている。本調査では照合電極として硫酸銅電極を用いた。ASTM室内実験結果によれば電位差 $E < -350$  mVの範囲では90%以上の確率で鉄筋腐食が生じているといわれている。

また同時にシュミットハンマー、超音波伝播測定法<sup>(17)</sup>を用いてコンクリートの強度、品質を調査した。

調査結果として堺PC栈橋の例を示す。同構造物は幅23m、長さ230mの栈橋の一部にPC桁が77本使用されており、護岸波返し部にBランク相当の損傷が見られる。

図-11は自然電位の測定結果と外観調査によるかぶりコンクリートの損傷状況および鉄筋の腐食状況である。自然電位 $-300 \sim -350$  mVの範囲の分布は外観の損傷状況とよく一致している。しかしながらコンクリート自体の品質、強度の劣化は認められずむしろ増加傾向が見られた。

内部鋼材が発錆するまでは、健全な構造物と比べて耐荷力は問題ないと思われる。

#### 1-4 塩害環境調査のまとめ

大阪湾沿岸部での塩害環境調査の結果、以下の結論が得られた。

- (1) 湾岸線の構造物は海岸線からの距離が指針案で規定された地域区分Cの対策が必要とされる200m以内のものが大部分であるが、海面から

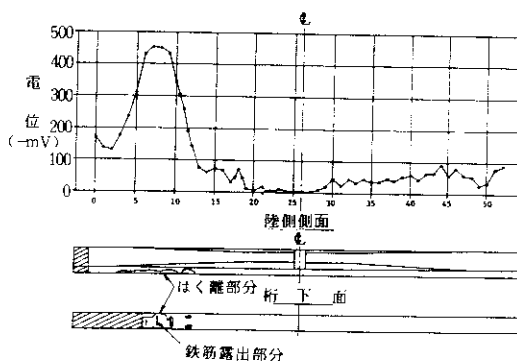


図-11 堺PC桁自然電位測定結果および損傷状況図

の高さが20m以上のものが多く、上部工については海からの飛沫、波の直接の影響を受ける割合は低いと考えられる。

- (2) 気温、湿度についても鋼材腐食について厳しいとされている気温 $20^{\circ}\text{C}$ 以上、湿度70%以上の範囲に月平均気温、湿度が含まれるのは年4回程度であり穏やかである。
- (3) 海からの風の吹く頻度が少なく、 $2\text{ m/s}$ 前後の平均風速も東北、北陸地方の日本海側における $3.5\text{ m/s}$ 前後と比較すると小さい。また平均潮位の年間変動量も10cm程度小さく、海象条件も厳しくないと考えられる。
- (4) 堺、神戸の2ヶ所で飛来塩分量を測定した結果では冬期の最大値でも $1,300\text{ mdd}$ であり海塩粒子の発生が多いとされる荒磯型海岸線での測定値 $4,000\text{ mdd}$ と比べると小さい。
- (5) コンクリート構造物に関する塩害発生状況調査結果では、常時海水飛沫のかかるような個所ではPC構造物にも塩害が発生していたが、それ以外の場所では、施工上の不備による損傷が見られたものの、全体としての発生率は低い。
- (6) 著しい塩害損傷を受けた構造物ではコンクリート表面から $3 \sim 5\text{ cm}$ の深さにまで全塩素量で0.8%に達するような塩分浸透が見られたが、それ以外の構造物での全塩分量は0.05~0.15%であり、極端に大きな塩分浸透とは考えられない。



## 2. 湾岸線の塩害対策

### 2-1 適用範囲(対策区分)

湾岸線はその大部分が海岸線から200m以内に位置し、指針案の地域区分Cの塩害対策範囲内に入っている(1-2-1参照)。塩害調査の結果、大阪湾沿岸域での塩害環境は比較的穏やかであると考えられ、湾岸線での標準的な対策区分を指針案で定めているものを一ランク下げて設定<sup>(2)</sup>した。

しかし常時波しぶきを受ける飛沫帯の構造物にはAランク相当の損傷が見つかった事や、土木研究所の全国調査結果<sup>(3)</sup>によれば、海面からの高さによる損傷頻度の増減傾向は明確でないものの、海面高さ3~8m前後の海岸近くの橋梁に損傷が多い事から海面から鉛直方向10m以下の範囲を飛沫帯と考え、同範囲に位置するコンクリート構造物には指針案の対策区分Iを適用するものとした。

また埋立地との間の水路や運河に面した地域については海からの飛来塩分量が低減されると考えられるので対策区分を一ランク下げた。

### 2-2 対象構造物

湾岸線で建設が予定されているコンクリート構造物について工事実施計画書にもとづいて構造型式の整理を行った。

図-12は上部工をその型式別に延長距離で整理したものである。湾岸地域での地盤、用地条件を反映して阪神間では鋼床版箱桁が、南伸部では鋼I桁が大部分を占めており、RC高欄と床版が主な対策対象となる。

橋脚型式は総数の約7割がRC脚C単柱、ラーメン)で占められている。

### 2-3 現行公団基準との対比

指針案では①コンクリート部材中の鋼材かぶりを増やすことを塩害対策の基本として以下に示す点についても配慮するように定めている。②コンクリートのひび割れ幅の抑制。③コンクリート材料、配合(含有塩分、水セメント比、スランプ値の規定)。④防食性を高める施工。

これらの対策について(2-2)で述べた構造

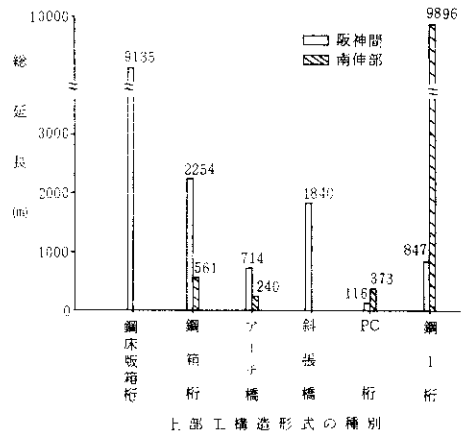


図-12 湾岸線における上部工型式の分布

型式ごとに現行の阪神高速道路の基準、標準図での対応、問題点を示す。

#### 2-3-1 RC高欄、RC床版下面

現行では高欄外側のかぶり厚3cm、床版下面のかぶり厚3.5cmであり、指針案の地域区分Cの対策区分Ⅲに対応した値となっている。コンクリート配合、材料について、阪公基準は強度規定で水セメント比の規定は無い。スランプ値は8cmであり実態は指針案の値を満たしていると思われる。

しかしながら高欄外側、床版張出し部下面については従来から施工不良(かぶり厚の不足、表面仕上げの悪さ)による発錆、コンクリートのはく離等の損傷例が多く、塩害対策上最も弱点になりと考えられる。特に高欄外側の衝突時の破片落下防止用の金網(現行かぶり厚16~18mm)を埋込んだ場合に指針案のかぶり厚を確保すれば、落下防止効果が著しく損なわれてしまう。<sup>(18)</sup>

RC高欄については衝突時の破片落下防止問題とあわせて現在、設計法(配筋方法)の見直しやコンクリート塗装、GRC型枠の利用や施工法の改良等について検討を行っている。

参考要高欄外側鉄筋のかぶり厚を指針案の対策区分I、II、Ⅲに対応させて3、4、5cmにした時の断面照査を表-2に示す。鋼床版スタッドの1ケースを除いていずれのケースも許容範囲に入

っており、鉄筋径、配筋ピッチ等を変更する必要はない。しかし防音壁基礎のスペースの確保についての検討が必要である。

### 2-3-2 RC橋脚

RC橋脚について阪公基準では道示Ⅳにしたがいかぶり厚7cmであり、指針案の対策区分Ⅰを満足している。なおセメント種としては一般に耐海水性に優れていると評価されているフライアッシュB種を用いている。

### 2-3-3 その他（ひび割れ制御等）

RC構造物のひび割れの発生は(1)荷重作用や構造強度によるもの、(2)コンクリートの材料的性質によるもの、(3)施工や環境に関するもの等多様な原因が考えられる。道示Ⅲ、指針案は(1)の観点からひび割れ制御方法として、死荷重のみが作用する場合の鉄筋引張応力度を1,000 kg/cm以下にする事が望ましいとしているが、現在阪神公団においては特に設計照査していない。対象としてはRC橋脚梁部が考えられる。ちなみに公団標準設計では、T型橋脚張出し部つけ根で約1,300 kg/cm

L型橋脚で1,200 kg/cm、ラーメン橋脚で1,150 kg/cmとなっており、いずれも上記許容値を上回っている。

またスペーサーについてはコンクリート、モルタル製の使用を原則としているが、阪神公団では強度の不確かさから他の種類のスペーサーの使用も認めている。

## 3. 今後の課題

道路協会より刊行された塩害対策指針案にもとづいて大阪湾沿岸域の塩害環境について調査を行い、今後建設される湾岸線の塩害対策についてその範囲と水準の検討を行った。しかしながら本稿で扱った塩害は指針案で述べられているように飛来塩分によるものに限定されており、他の海洋環境による劣化作用（要因）については考慮されていない。また対策手法も設計のごく一部について扱ったに過ぎない。海洋コンクリート全般の防食については土木学会や日本コンクリート工学協会から指針案<sup>(19)(20)</sup>が刊行されているが、その内容は塩害対策指針案よりも一段と厳しいものになって

表-2 かぶり厚の変化による高欄抵抗モーメントの照査

区分	鉄筋ピッチ	抵抗モーメント Mrs			設計曲げモーメント	設計速度 (km/h)	高さ区分	部位	
		現行	かぶり4cm	かぶり5cm					
RC 床版	D 13 - 15 cm	2.644	2.645	2.634	2.475	60	①	中間 (端部) 中間部 端部	
					2.590	"	②		
				2.001	80	③			
				2.230	"	④			
D 16 - 15 cm	4.050	4.030	3.974	3.420	80	③	端部		
				3.598	"	④			
鋼 床 版	D 13 - 20 cm (D16)	2.013	2.018	2.016	1.797	60	②	中間部	
		(2.169)	(2.170)	(2.150)	2.001	80	③		
	D 13 - 25 cm (D16)	1.628	1.634	1.636	1.611	60	①		
		(1.756)	(1.759)	(1.748)					
	D 16 - 25 cm (D19)	2.495	2.498	2.478	2.475	60	①		端部
		(2.486)	(2.484)	(2.434)	2.230	80	④		
D 16 - 20 cm (D19)	3.083	3.080	3.047	2.590	60	②	端部		
	(3.072)	(3.060)	(2.988)						
D 16 - 15 cm (D19)	4.050	4.033	3.974	3.420	80	③	端部		
	(4.083)	(4.003)	(3.890)	3.598		④			

阪公設計基準2編2.5.3参照

( )内はスタッドドベル断面についての照査

抵抗モーメント

$$Mrs = Ks \sigma_{sa}$$

Ks : 鉄筋断面係数

$$\sigma_{sa} : 1,400 \text{ kg/cm}$$

SS41相当

①  $Z < 24$

②  $24 \leq Z < 40$

③  $Z < 14$

④  $14 \leq Z < 40$

いる。

飛来塩分の他に考慮すべき海洋の劣化要因としては、①海水の化学的な侵食作用、②波浪や標砂による摩耗、③海上交通船舶の衝突等があるが、これらについても各指針等を参考に設計（かぶり厚ひび割れ制御）、材料（適用セメント種の見直し塩分規制）、配合（水セメント比による規定）、施工（海上施工、マスコンクリートとしての要件）の各面から検討を行い、湾岸線・海洋コンクリート仕様としてとりまとめていく必要がある。

また湾岸線では将来の補修工事も足場架設等を考えると容易ではなく、高欄のように施工上規定のかぶり厚の確保が難しく予め劣化が想定されるようなケースについては、将来の維持管理費用も含めたトータルコストを比較考慮する必要がありその結果、建設当初において社会通念上の許容範囲を少々逸脱しても何らかの付加的な防食対策あるいは補修対策等を構じておくことも可能（必要）かと思われる。こうした必要性を現実的に可能とする為の議論の高まりが期待される。

## あとがき

本報告は昭和58年度より2年間にわたり大阪湾岸線塩害環境調査として実施してきたものを取りまとめたものである。調査および対策を検討するにあたっては、当公団の技術審議会コンクリート分科会（主査岡田清京都大学教授）の御指導を賜った。ここに深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 日本道路協会；道路橋の塩害対策指針(案、同解説) 昭和59年2月
- 2) 阪神高速道路公団；構造物設計基準第2部第1編8章 昭和60年4月
- 3) 建設省土木研究所；コンクリート橋の塩害による損傷状況調査 昭和59年3月
- 4) 気象庁；気象庁年報 昭和55年、56年、57年
- 5) 日本気象協会；気象年鑑'83
- 6) 神戸海洋气象台；神戸海洋气象台気象年表、昭和54年～58年
- 7) 神戸市環境局；神戸市大気汚染調査報告 昭和55年～57年
- 8) 大阪府土木部港湾課；泉州海岸の風、昭和46年～53年報告書 昭和55年3月
- 9) 兵庫県；兵庫県風向風速測定データ 昭和58年度
- 10) 日本防錆技術協会；土木建築における防錆、防食 鹿島出版会 昭和42年
- 11) 気象庁；潮位表 昭和59年
- 12) 建設省土木研究所；コンクリート橋の塩害調査指針(案) 昭和59年1月
- 13) セメント協会セメント化学専門委員会；海砂使用硬化コンクリート分析結果報告書 1973
- 14) 日本コンクリート工学協会；硬化コンクリート中に含まれる塩分の分析方法(案)；コンクリート工学 vol.22, No.12, 昭和59年12月
- 15) (財)阪神高速道路管理技術センター；コンクリート中性化追跡点検業務報告書 昭和59年3月
- 16) ASTM C-876 - 77 ; Half Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete.
- 17) 阪神高速道路公団；アルカリ骨材反応に関するコンクリート構造物の管理指針（暫定案）
- 18) 阪神高速道路公団、(社)日本材料学会；コンクリートの基礎性状に関する調査研究 昭和59年3月
- 19) 土木学会；海洋コンクリート構造物設計施工指針(案) 昭和52年
- 20) 日本コンクリート工学協会；海洋コンクリートの防食指針(案) 昭和58年