

### 3章 第2回塩害調査（2000年実施）

#### 3.1 調査目的

この調査は、国内の海岸部付近の国道に建設されている橋長 15m 以上のコンクリート橋を対象に、海岸線からの距離・供用年数・損傷状況を調査することにより、1982年調査と比べて約20年後の2000年における、全国的な塩害による被害の実態状況の把握及び1982年調査で調査対象範囲外となっていた内陸部の塩害状況を把握することを目的としたものである。

#### 3.2 調査概要

##### 3.2.1 調査内容

本調査は、2000年（平成12年）～2001年（平成13年）にかけて表-3.1に示す関係各機関の協力のもと、図-3.1（巻末の付属資料-2に詳細な位置図を示す）に示す国内沿岸部のコンクリート橋を対象に塩害の実態状況を調査した（以下、第2回塩害調査）。

表-3.1 調査対象機関

調査対象機関	
	国土交通省ほか 地方自治体
北海道	北海道開発局
東北地方	東北地方整備局 青森県、秋田県、山形県、岩手県、宮城県
北陸地方	北陸地方整備局 新潟県、石川県、福井県
関東地方	関東地方整備局 茨城県、千葉県
東海地方	中部地方整備局 静岡県、愛知県
近畿地方	近畿地方整備局 三重県、京都府、兵庫県、和歌山県
中国地方	中国地方整備局 島根県、広島県、山口県、岡山県、鳥取県
四国地方	四国地方整備局 愛媛県、高知県、香川県、徳島県
九州地方	九州地方整備局 福岡県、長崎県、大分県、熊本県、宮崎県、鹿児島県
沖縄	沖縄総合事務局 沖縄県

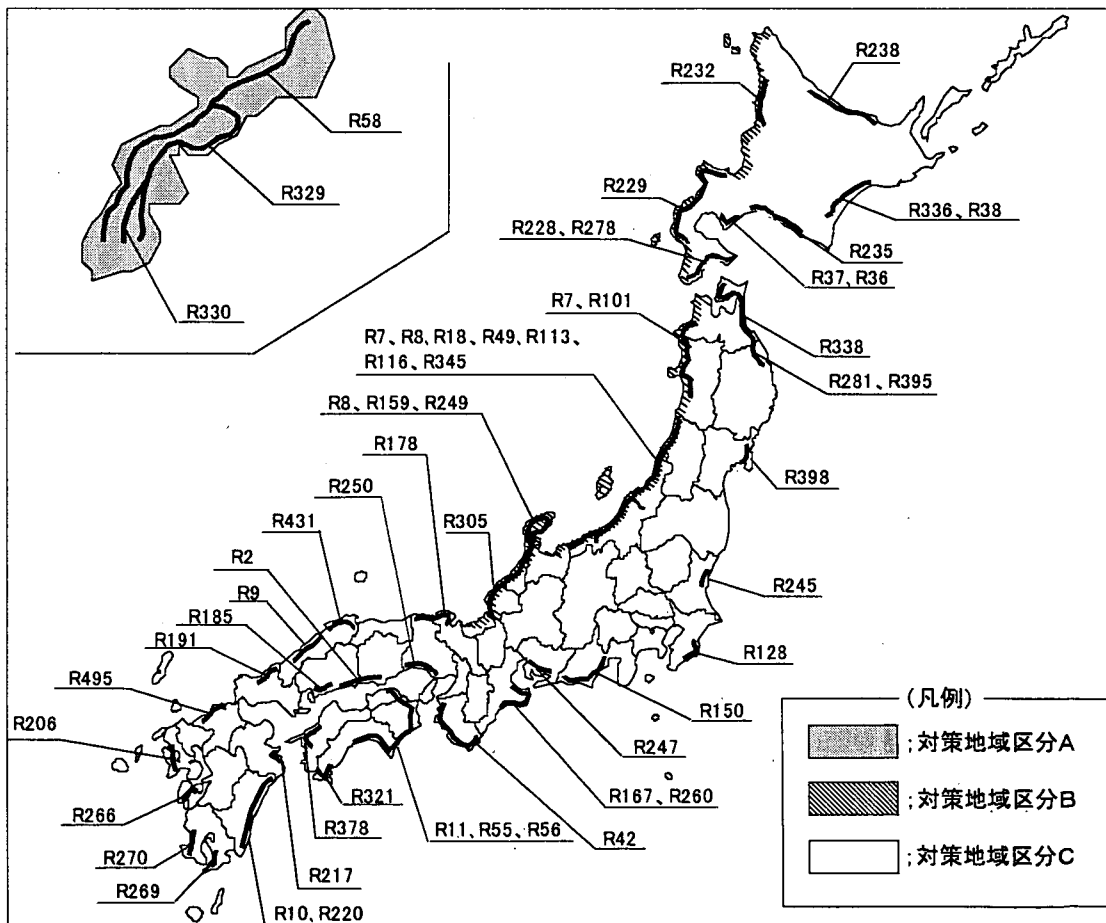


図-3.1 調査図

調査は、以下に示す調査項目が把握できるようなアンケート形式で、道路管理者に対して書面により実施した。

①調査時期

- ・2000年～2001年

②対象橋梁

- ・沿岸部の一般国道に建設された橋梁、橋長 15m 以上の橋梁（調査対象は路線区間を国総研で指定）等

③一般的事項

- ・橋梁名称、橋長、適用示方書、上部構造区分 等

④架橋位置の条件

- ・海岸線からの距離、凍結防止剤の散布の有無 等

⑤損傷状況

- ・「漏水、ひび割れ、剥離」等の損傷度、損傷発生箇所 等

図-3.2、3.3に実態調査に用いた調査票を示す。

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
架設方法	架設場所	路線名	橋梁名称	橋長	架設竣工年 (西暦)	適用示方書	凍結防止剤の散布の有無	凍結防止剤の散布の有無 が適用されている	対岸区分	海岸線からの距離(m)	上部構造区分	点検調査の有無	点検調査の種類	(⑤で2と記入した場合)
				m			有り:1、なし:2	適用:1、非適用:2	I、II、IIIのいずれか	100mまでは10m単位、それ以上は100m	RC、プレテンPC、ポステンPCのいずれか	有り:1 なし:2	橋梁点検(橋):1 その他:2	具体的な名称を記入

図-3.2 調査票（総括表）

①整理番号  (総括表と同じ番号)

②橋梁名

③点検実施年

④損傷の箇所、種類、程度

橋梁点検要領(案)による点検調査の場合は、以下の各欄にI～IVの損傷度を記入、その他の場合は、損傷有(×)、損傷無(○)を○×で記入してください

	箇所	剥離・鋼材露出	ひびわれ	漏水	遊離石灰
上部構造	桁下面				
	桁側面				
	床版下面				
	地覆				
下部構造	壁高欄				
	梁柱				

上記表中の項目以外の損傷が見られる場合は、その損傷の箇所、種類、程度等を下欄に記入

⑤本体補修の履歴

⑥(⑤で1と記入した場合、過去の本体補修の時期と内容を下欄に記入)

図-3.3 調査票（調査シート）

### 3.2.2 第1回塩害調査（1982年実施）方法と第2回塩害調査（2000年実施）方法との比較

表-3.2に、第1回塩害調査と第2回塩害調査の内容を示す。1982年塩害調査は、「対象橋梁」を「海岸線から約500m以内に建設された一部の橋梁」と範囲を指定

表-3.2 第1回塩害調査と第2回塩害調査との内容比較

	第1回塩害調査	第2回塩害調査
調査時期	1982年(昭和57年)～1983年(昭和58年)	2000年(平成12年)～2001年(平成13年)
対象期間	表-3.1参照	同左
対象橋梁	一般国道のコンクリート橋	同左
	橋長15m以上の橋梁	同左
	海岸線から約500m以内に建設された一部の橋梁	海岸線から数km程度の内陸部まで建設された一部の橋梁
	調査対象橋梁数=920橋	調査対象橋梁数=1,011橋
一般的事項	橋梁形式、竣工年月、設計荷重	同左
	地域別の損傷状況、橋種別損傷状況、海岸からの距離による損傷状況	同左
	海岸線からの距離、気象状況	海岸線からの距離、凍結防止剤散布の有無

した調査となっていたが、今回の調査では、塩害の被害が内陸部にどの程度及ぶかについて把握するために、海岸線直近を通る区間とそれにつながる同じ道路について数 km 程度まで内陸部に入った地点までを対象に予め区間を選定して指定し、その区間に架橋されている全てのコンクリート橋に対する調査を実施した。そのほか、第2回塩害調査では凍結防止剤散布の有無による塩害の影響への差異を確認するために、凍結防止剤散布の有無についても調査した。

### 3.2.3 塩害の判定

塩害の判定は、ひび割れ、剥離・剥落、錆汁などの損傷実態を目視により各道路管理者が確認したものを基本として行ったが、別にコア採取による塩分量測定結果、及び橋梁台帳等のデータがあるものについてはそれらも参考にしながら最終的には国総研で判断した。さらにアンケート調査の回答だけでは不明な点がある場合には、別途ヒアリングを行ったものもある。

## 3.3 調査結果

3.3.1 調査結果の整理（調査結果を整理するにあたり、ここではS59塩対指針（案）で規定している対策区分Ⅰ～Ⅲは考慮していない。）

（1）第2回塩害調査を実施した橋梁数

2000年に塩害調査を行ったコンクリート橋は1,011橋であった。

図-3.4に示すように調査対象となったコンクリート橋の内訳は、8割がPC橋（プレテンション；38%、ポストテンション；42%）で、RC橋はその残りの2割であった。

図-3.5にはS59塩対指針（案）で規定されている地域区分別に、調査対象橋梁の「架設竣工年」と「橋数」との関係を示す。図-3.5からわかるように、2000年に調査を行っ

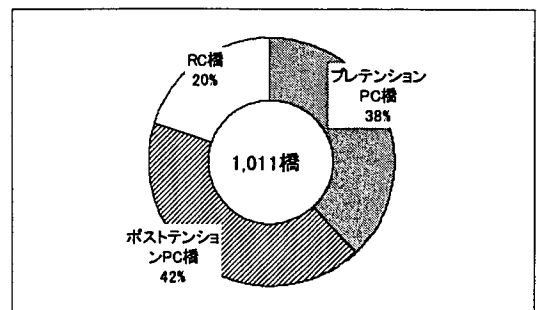


図-3.4 調査コンクリート橋の内訳

たコンクリート橋で架設竣工年別で見たときに最も橋梁数が多かった年代は、1971～1980年代の306橋で全体の約30%であった。また、図-3.6には調査対象橋梁の「海岸線からの距離」と「橋数」との関係を示す。その結果、図-3.6からもわかるように、「海岸線からの距離」別で見たときの最も多い橋梁数は3000m以上で約30%（306橋）であり、次いで海岸

線から最も近い0～99mの約21%（207橋）であった。

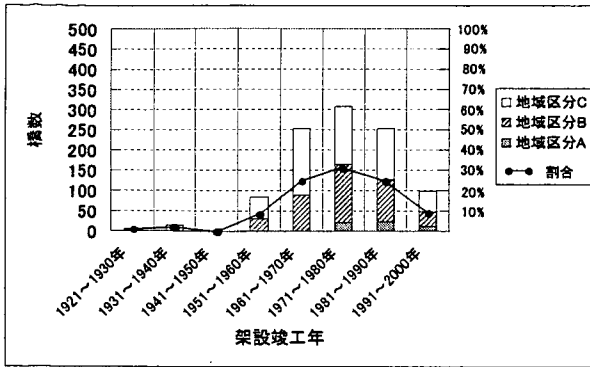


図-3.5 調査対象橋梁の「架設竣工年」と「橋数」の関係

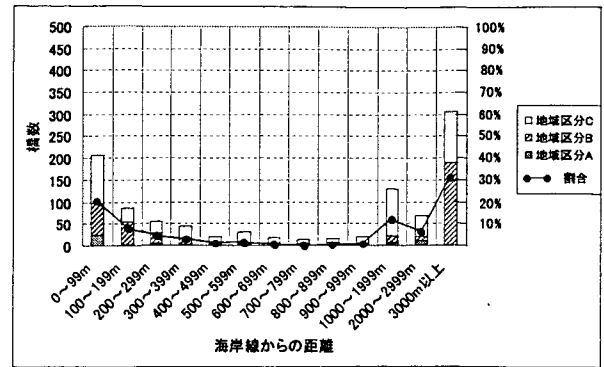


図-3.6 調査対象橋梁の「海岸線からの距離」「橋数」の関係

(2) 塩害実態状況

図-3.7、3.8に2000年に実施した塩害実態状況を示し、さらに図-3.9、3.10に各地域区分別の塩害実態状況を「海岸線からの距離」と「供用年数」との関係で表したものを示す。

S59 塩対指針（案）で規定されている塩害対策の地域区分 A、B、C 毎の損傷実態をみると A（沖縄県全土）・B（北海道・東北・北陸の日本海側）では、C に比べて比較的多く損傷が発生していることがわかる。

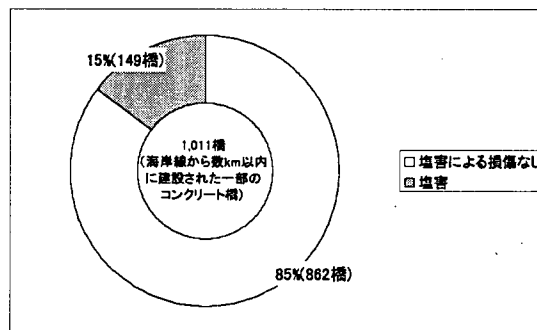


図-3.7 2000年の塩害調査による塩害実態の結果

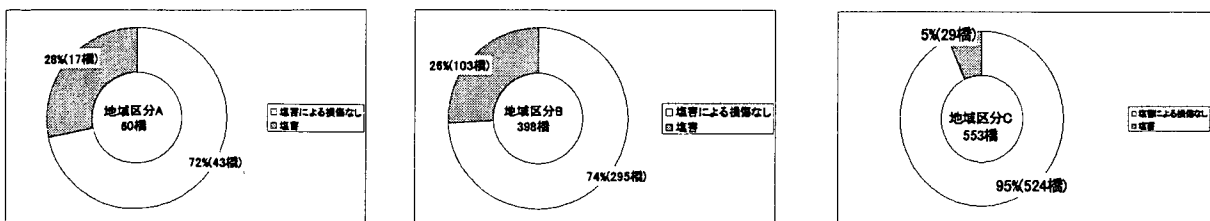


図-3.8 各地域区分別における塩害実態状況

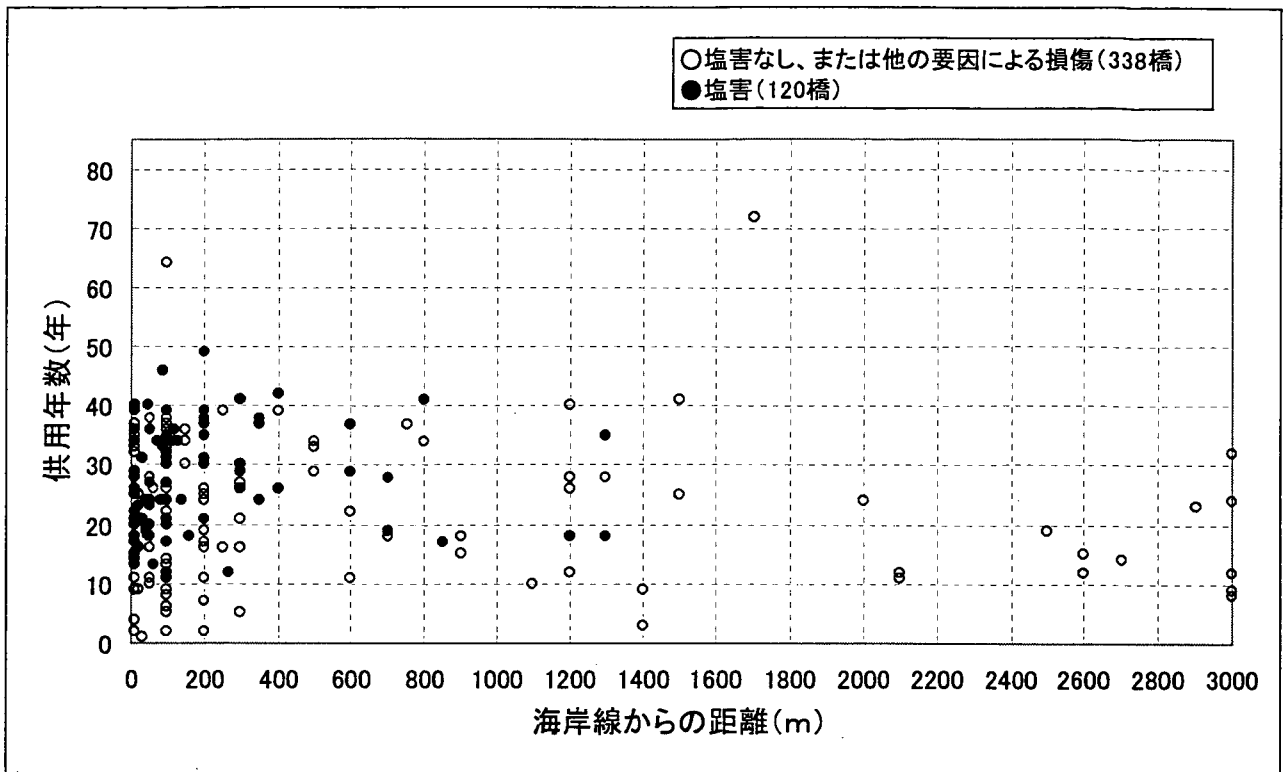


図-3.9 地域区分A・Bの塩害実態状況 (第2回塩害調査)

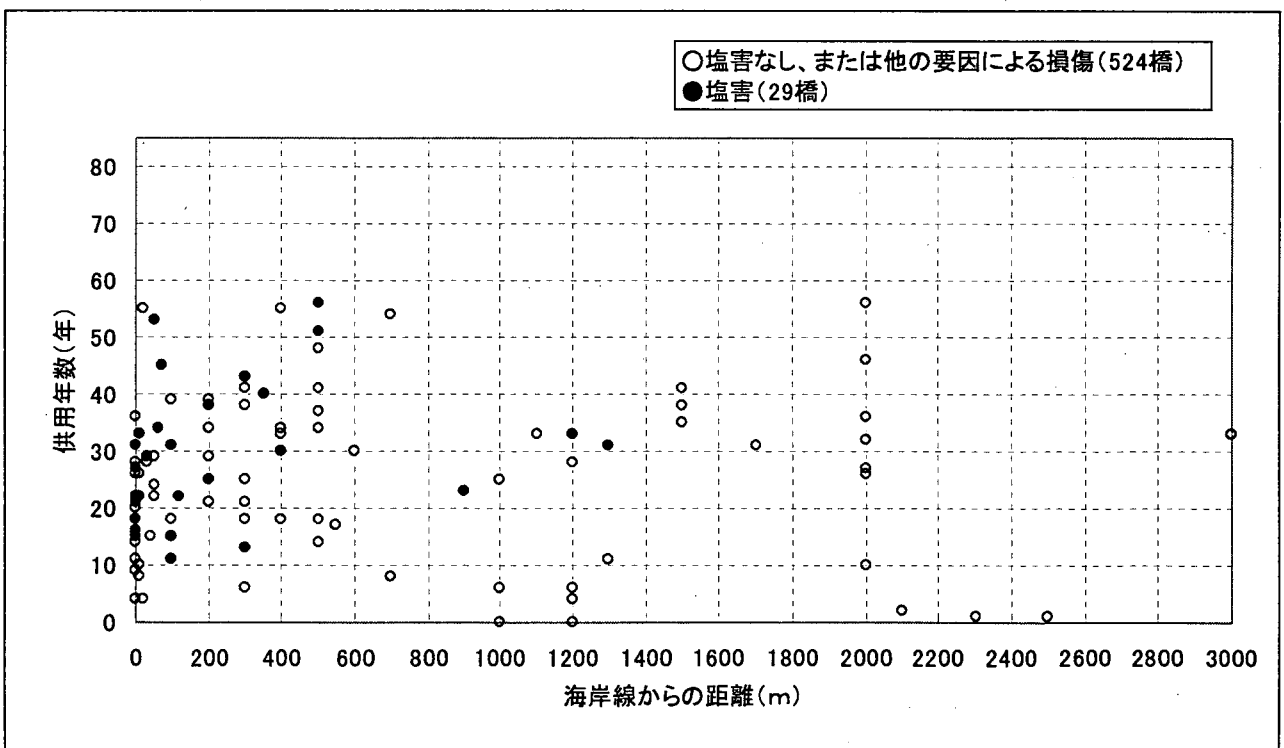


図-3.10 地域区分Cの塩害実態状況 (第2回塩害調査)

1) 第2回塩害調査から得られた結果を以下に示す。

① 図-3.9、3.10より第2回塩害調査では、海岸線から500m以上離れた内陸部にまで塩害が発生していることが確認できた。特に、地域区分A・Bにおいてその傾向は大きい(A・B; 3.5%、C; 1.5%)。このことから、海岸線からの距離別による塩害の発生状況は、従来言われているように距離に

反比例していることが確認できた。

② 図-3.9、3.10より海岸線からの距離が1km以上離れたところで、塩害を受けているものもいくつか見受けられた。

③ 図-3.9、3.10より供用後10～20年程度の比較的早い時期において既に塩害による損傷が発生しているものがあることがわかる。

2)「3.2.3 塩害の判定」でも記述したように今回の塩害調査の「塩害」との判定は、基本的に道路管理者が目視により「塩害」と認定しているものを「塩害」とした。

しかし、上記1)の内容も含めて第2回塩害調査(2000年実施)の中で道路管理者が塩害と認定しているものの、アンケートに添付されてきた損傷写真を見る限り一部特異な塩害データと思われるものについて考察する(ただし、ここで挙げている塩害データは全て「塩害」としている。)

①上記1)の②の原因を確認するために、その橋を管理している道路管理者にヒアリングしたところ、その架橋環境が海水が河川内を逆流してくる環境であるという報告が一部あった。このことから、図-3.9、3.10で示しているような1km以上のところで塩害が発生しているデータの殆どが、特殊な架橋環境によることが原因であると考えられる。

②上記1)の③の原因について、その橋を管理している道路管理者にヒアリングしたところ、コンクリート材料として骨材に海砂を使用しているという報告もあった。このことから、海砂に付着している塩分の洗浄が不十分であった疑いがある。

③図-3.9、3.10で示しているデータの中に一部施工不良に伴い塩害が発生していると思われるものが見受けられた。その写真を写真-3.1、3.2に示す。写真-3.1ではT桁橋(ポストテンション方式)で中央部の横桁にだけ著しく鉄筋が露出していることがわかる。これは、コンクリートの打込み不良に伴う密実性不足によるものが考えられる。写真-3.2では、コンクリート剥離とその下の鋼材腐食が確認でき塩害による損傷と言えるが、写真を見る限りかぶり不足が疑われる。

④道路管理者が塩害と判定している中に一部、写真-3.3、3.4に示すように塩害以外の劣化現象が生じているものと思われるものがあつた。塩害によるひび割れであれば一般に主筋方向にひび割れが生じるという特有の性状を示すはずであるが、写真-3.3の事例では、そのようなひび割れ性状は示していない。これは、温度応力、乾燥収縮により生じたひび割れ中に飛来塩が浸入し、塩害が生じたものであると考えられる。また、写真-3.4では桁側面にひび割れが確認できるが、ひび割れ性状から凍害によるスケーリングもしくは乾燥収縮等によるひび割れである可能性が高いと考えられる。

以上のように、かぶり不足や締固め不足などの施工不良によって良好に施工された場合よりも早期に損傷している事例が含まれている可能性があり、加えて、部位や気象・地形等の条件による差異もあるため、実際の損傷時期にはかなりのバラツキが避けられないと考えられる。

これらの施工不良もしくは塩害以外の劣化現象が生じていると思われるデータについては今後詳細な調査を実施していく必要がある。

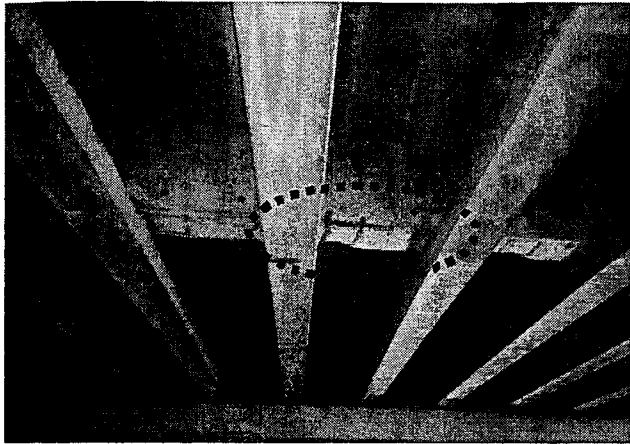


写真-3.1 損傷状況

(地域区分B、ポステンPC、  
竣工年数；1965年、海岸線からの距離；700m)

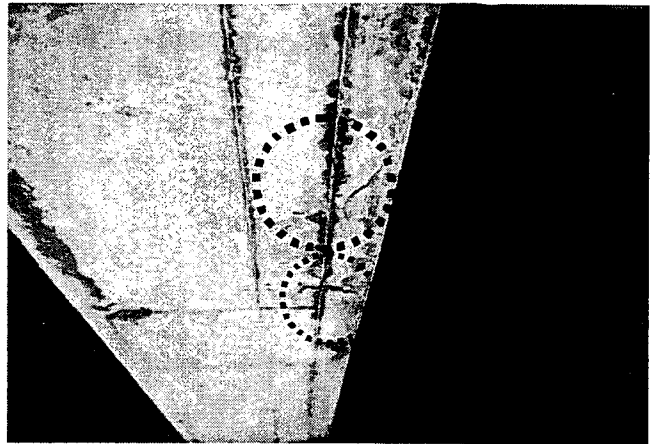


写真-3.3 損傷状況

(地域区分B、ポステンPC、  
竣工年数；1974年、海岸線からの距離；50m)

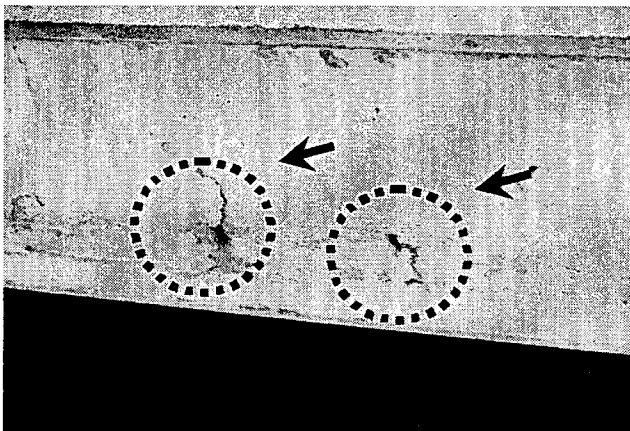


写真-3.2 損傷状況

(地域区分B、ポステンPC、  
竣工年数；1969年、海岸線からの距離；200m)



写真-3.4 損傷状況

(地域区分C、プレテンPC、  
竣工年数；1981年、海岸線からの距離；300m)

最後に S59 塩対指針（案）で規定している地域区分 A,B,C 別に、各都道府手県別に塩害状況を分類したものを表-3.3及び表-3.4に、橋種別（プレテン、ポステン、RC）に塩害状況を分類したものを表-3.5に示す。

表-3.3 塩害実態調査結果（総括表；都道府県別）

	R(ルート)	既設橋梁数	調査橋梁数			
			塩害による損傷なし	塩害	不明	
A地区(沖縄県全土)	沖縄県	62	60	43	17	2
		58	44	28	14	2
		329	13	10	3	0
		330	5	5	0	0
B地区(北海道・東北・北陸の日本海側)	北海道	62	57	38	19	5
		229	49	29	15	5
		232	9	9	4	0
	青森県	19	19	13	6	0
		101	17	13	4	0
		338	2	0	2	0
	秋田県	58	30	4	26	28
		7	26	0	26	0
		101	5	4	0	1
		不明	27	0	0	27
	山形県	18	17	1	16	1
		7	18	1	16	1
	新潟県	163	161	132	29	2
		7	45	44	1	0
		8	50	31	19	0
		18	13	11	0	2
		49	9	9	0	0
		113	6	6	0	0
		116	24	24	0	0
		345	16	7	9	0
	石川県	108	108	102	6	0
		8	46	46	0	0
		159	40	40	0	0
249		22	16	6	0	
福井県	6	6	5	1	0	
	305	6	5	1	0	
計		434	398	295	103	36

(凡例)

既設橋梁数…今回の調査対象となっている橋梁数  
 調査橋梁数…調査票に回答してきたもの  
 塩害による損傷なし…損傷が見受けられないものまた塩害以外(中性化、アルカリ骨材反応等)、  
 施工不良による損傷が見受けられないもの  
 塩害…飛来塩により塩害を受けたもの  
 不明…調査票に全回答されていないもの、供用年数や海岸線からの距離が不明なもの



表-3.4 塩害実態調査結果（総括表；都道府県別）

C地区	北海道	111	84	78	6	27
		36	8	8	7	1
		37	18	15	14	1
		38	7	6	6	0
		228	29	27	25	2
		235	15	11	9	2
		238	6	2	2	0
		278	11	8	8	0
		336	17	7	7	0
	青森県		8	8	5	3
		338	8	8	3	5
	岩手県		5	4	4	0
		281	3	2	2	0
		395	2	2	2	0
	宮城県		5	2	2	0
		398	5	2	2	0
	茨城県		1	1	1	0
		245	1	1	1	0
	千葉県		30	13	9	4
		128	30	13	9	4
	静岡県		39	31	29	2
		150	39	31	29	2
	愛知県		7	7	7	0
		247	7	7	7	0
	三重県		6	0	0	0
		167	4	0	0	0
		260	2	0	0	0
	和歌山県		87	87	84	3
		42	87	87	84	3
	京都府		24	24	23	1
		178	24	24	23	1
	兵庫県		50	17	15	2
		178	19	5	4	1
		250	31	12	11	1
	岡山県		34	22	22	0
		2	34	22	22	0
	広島県		24	16	16	0
		2	13	8	8	0
		185	11	8	8	0
	鳥取県		14	0	0	0
		431	14	0	0	0
	島根県		37	15	15	0
		9	21	4	4	0
		431	16	11	11	0
	山口県		11	11	11	0
		191	11	11	11	0
	香川県		11	9	9	0
	11	11	9	9	0	
愛媛県		18	6	6	0	
	378	18	6	6	0	
徳島県		51	49	49	0	
	11	18	18	18	0	
	55	33	31	31	0	
高知県		56	33	32	1	
	55	31	28	27	1	
	56	7	5	5	0	
	321	18	0	0	0	
福岡県		6	6	5	1	
	495	6	6	5	1	
長崎県		9	1	1	0	
	206	9	1	1	0	
大分県		17	0	0	0	
	217	17	0	0	0	
熊本県		38	12	11	1	
	266	38	12	11	1	
宮崎県		89	70	65	5	
	10	52	42	42	0	
	220	37	28	23	5	
鹿児島県		42	25	25	0	
	269	20	6	6	0	
	270	22	19	19	0	
計		830	553	524	29	
合計		1,326	1,011	862	149	

(凡例)

既設橋梁数…今回の調査対象となっている橋梁数

調査橋梁数…調査票に回答してきたもの

塩害による損傷なし…損傷が見受けられないものまた塩害以外(中性化、アルカリ骨材反応等)、

施工不良による損傷が見受けられないもの

塩害…飛来塩により塩害を受けたもの

不明…調査票に全回答されていないもの、供用年数や海岸線からの距離が不明なもの

表-3.5 塩害実態調査結果（総括表；橋種別）

		既設橋梁数	調査橋梁数										不明			
			塩害による 損傷なし	塩害	桁下 下面	桁側 下面	床板 下面	地覆	壁高 欄	梁	柱					
対策地域区 分A(沖縄県 全土)	合計		62	60	43	17	13	13	6	3	0	1	3	2		
		PC		48	48	38	10	8	8	3	2	0	0	2	0	
			Pr	T	22	22	17	5	3	3	2	2	0	0	2	
				Sh	14	14	12	2	2	2	1	1	0	0	0	
				B	8	8	5	3	1	1	1	1	0	0	2	
				他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Po	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
			Sh	26	26	21	5	5	5	1	0	0	0	0		
			B	23	23	18	5	5	5	1	0	0	0	0		
			他	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
			不明*1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
		RC	T	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
			Sh	14	12	5	7	5	5	3	1	0	1	1		
			B	7	7	3	5	5	5	1	1	0	1	1		
			他	5	5	3	2	0	0	2	0	0	0	0		
不明*1	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
不明*2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2				
不明*2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
対策地域区 分B(北海道・ 東北・北陸の 日本海側)	合計		434	398	295	103	84	71	21	5	1	8	19	36		
		PC		375	343	255	88	76	64	16	5	1	7	18	32	
			Pr	T	165	165	137	28	22	17	5	0	0	5	6	
				Sh	46	46	33	13	8	6	4	0	0	3	3	
				B	50	50	35	15	14	11	1	0	0	2	3	
				他	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Po	T	65	65	65	0	0	0	0	0	0	0	0		
			Sh	178	178	118	60	54	47	11	5	1	2	12		
			B	157	157	101	56	51	44	10	5	1	2	11		
			他	10	10	8	2	2	2	0	0	0	0	1		
			不明*1	10	10	9	1	1	1	0	0	0	0	0		
		RC	T	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0		
			Sh	58	55	40	15	8	7	5	0	0	1	1		
			B	22	22	10	12	7	6	4	0	0	0	0		
			他	16	16	13	3	1	1	1	0	0	1	1		
不明*1	1		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
不明*2	16	16	16	0	0	0	0	0	0	0	0	3				
不明*2	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3				
不明*2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1				
対策地域区 分C	合計		830	553	524	29	17	15	8	7	2	9	16	277		
		PC		636	417	398	19	13	10	4	4	1	5	10	219	
			Pr	T	198	198	192	6	3	3	0	0	0	1	2	
				Sh	158	158	156	2	1	1	0	0	0	1	1	
				B	16	16	14	2	2	0	0	0	0	0	0	
				他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Po	T	24	24	22	2	0	2	0	0	0	0	1		
			Sh	219	219	206	13	10	7	4	4	1	4	8		
			B	169	169	160	9	6	4	4	2	1	4	5		
			他	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0		
			不明*1	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0		
		RC	T	45	45	41	4	4	3	0	2	0	0	3		
			Sh	188	136	126	10	4	5	4	3	1	4	6		
			B	98	98	88	10	4	5	4	3	1	4	6		
			他	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0		
不明*1	1		1	1	0	0	0	0	0	0	0	0				
不明*2	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	52				
不明*2	52	52	52	0	0	0	0	0	0	0	0	52				
不明*2	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6				
合計		1,326	1,011	862	149	114	99	35	15	3	18	38	315			

(凡例)

Pr…プレテンション  
Po…ポストテンション  
T…T桁橋  
Sh…床版橋  
B…箱桁橋  
他…T・Sh・B以外の構造形式

既設橋梁数…今回の調査対象となっている橋梁数  
調査橋梁数…調査票に回答してきたもの  
塩害による損傷なし…損傷が見受けられないものまた塩害以外(中性化、アルカリ骨材反応等)、  
施工不良による損傷が見受けられないもの  
塩害…飛来塩により塩害を受けたもの

不明\*1…PrかPoか判断できないもの、調査票に全回答されていないもの、  
供用年数や海岸線からの距離が不明なもの  
不明\*2…PCかRCか判断できないもの、調査票に全回答されていないもの、  
供用年数や海岸線からの距離が不明なもの

### 3.3.2 第1回塩害調査（1982年実施）結果と第2回塩害調査（2000年実施）結果との比較

図-3.11に1982年と2000年の塩害実態割合の調査結果を示す。また、第1回塩害調査と第2回塩害調査の「海岸線からの距離」と「供用年数」との関係を示す図-3.12、3.13に示す。なお、図-3.11を示すにあたり、第2回塩害調査結果の図-3.12、3.13の凡例”●；塩害”と合わせるために、第1回塩害調査結果の”▲；錆汁・局部的なひびわれ”と”●；橋軸方向のひびわれ、大きなはくり”を統合して「塩害」としている。

ここでは図-3.12、3.13から考察できることについて以下に記述する。

①第1回塩害調査では、調査対象範囲が海岸線から500mまでとなっており、それ以上内陸部に架橋されている橋梁に塩害が生じているかどうかは判断できない。そこで当時海岸線から500m以上のところでも塩害が生じていたかどうかを図-3.12(b)に示すデータを基に拡散理論によって推定した。（詳細な検討については巻末に付属資料-3に示す）。その結果、1982年の時点では海岸線から500m以上離れた内陸部において塩害が顕在化していた可能性は低いと考えられた。したがって塩害被害が生じている地域は第1回塩害調査のときと比べ内陸部へ拡大していると考えられる。

②第1回塩害調査で供用年数10年以内の橋梁でも塩害がみられるものがあったが、第2回塩害調査では供用年数10年以内の橋梁では塩害が顕在化していない傾向が確認できる。これは、第2回調査の時点で塩害と認定された橋梁に対して何らかの補修・補強が施されたものがある一方、1984年以降新設された橋梁では昭和59年の通達に基づく塩害対策による効果が表れているものと考えられる。

③第1回塩害調査に比べて第2回塩害調査では、供用年数30年～60年の間に比較的多くの塩害が確認できる。これは、第1回塩害調査の時点で損傷があらわれていなかった橋梁に2000年の調査の時点で新たに損傷が顕在化してきたものであると考えられる。

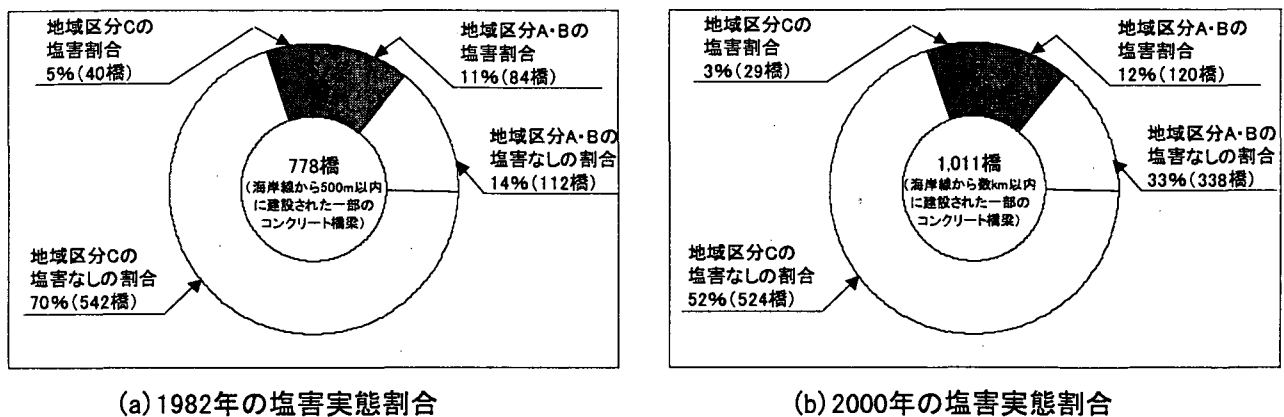
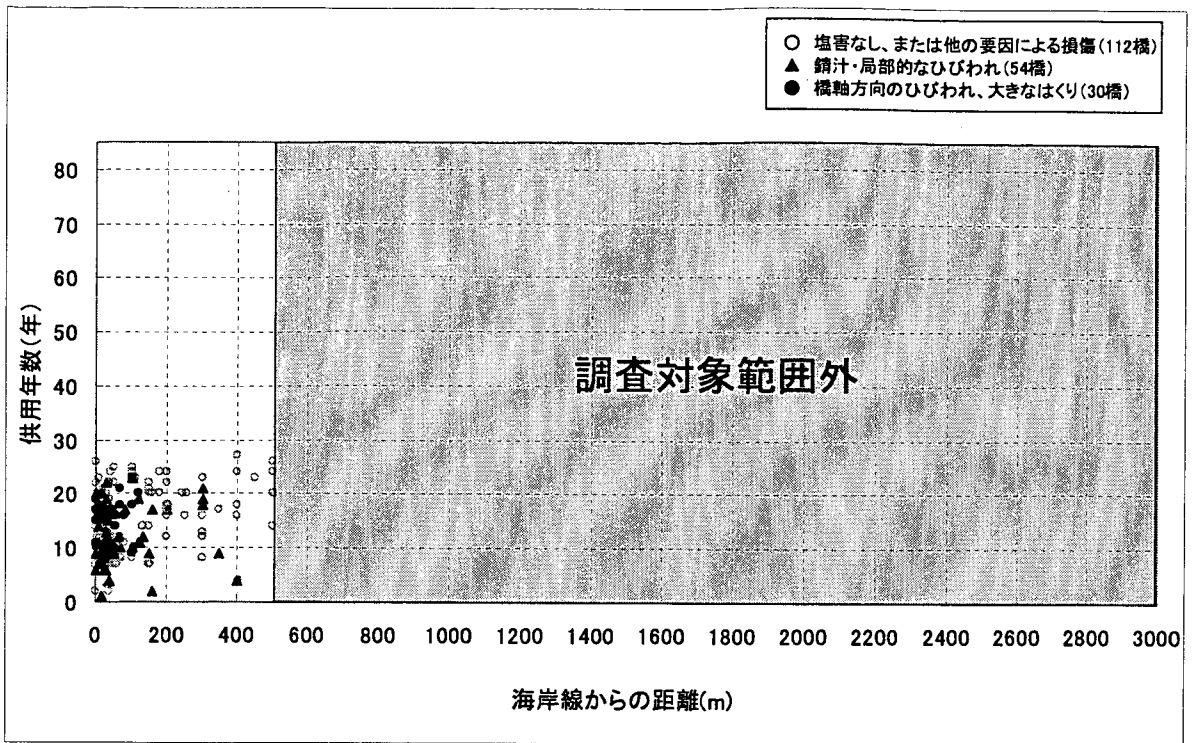
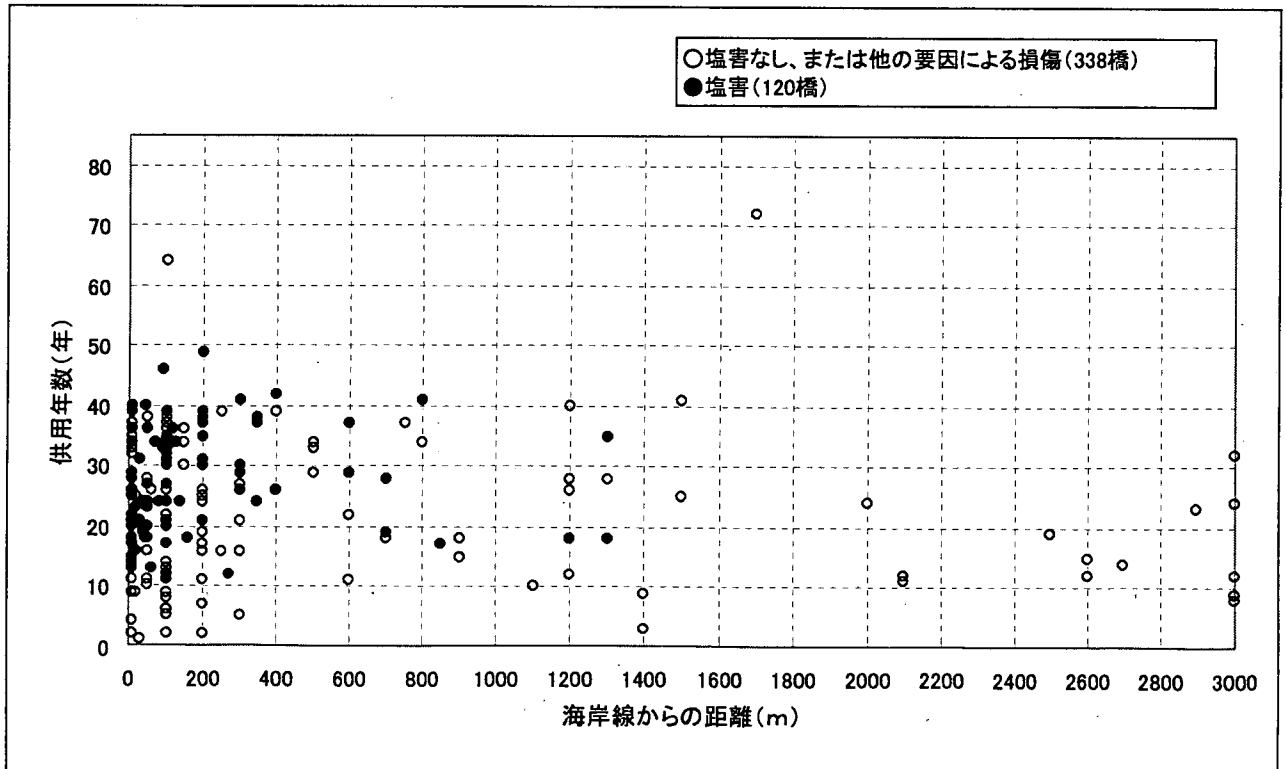


図-3.11 塩害実態割合

④上記①、③から、地域区分Bのように飛来塩分量が比較的多い地域では、塩害対策が必要な範囲が従来考えられていたより内陸部まで及ぶことが疑われる。

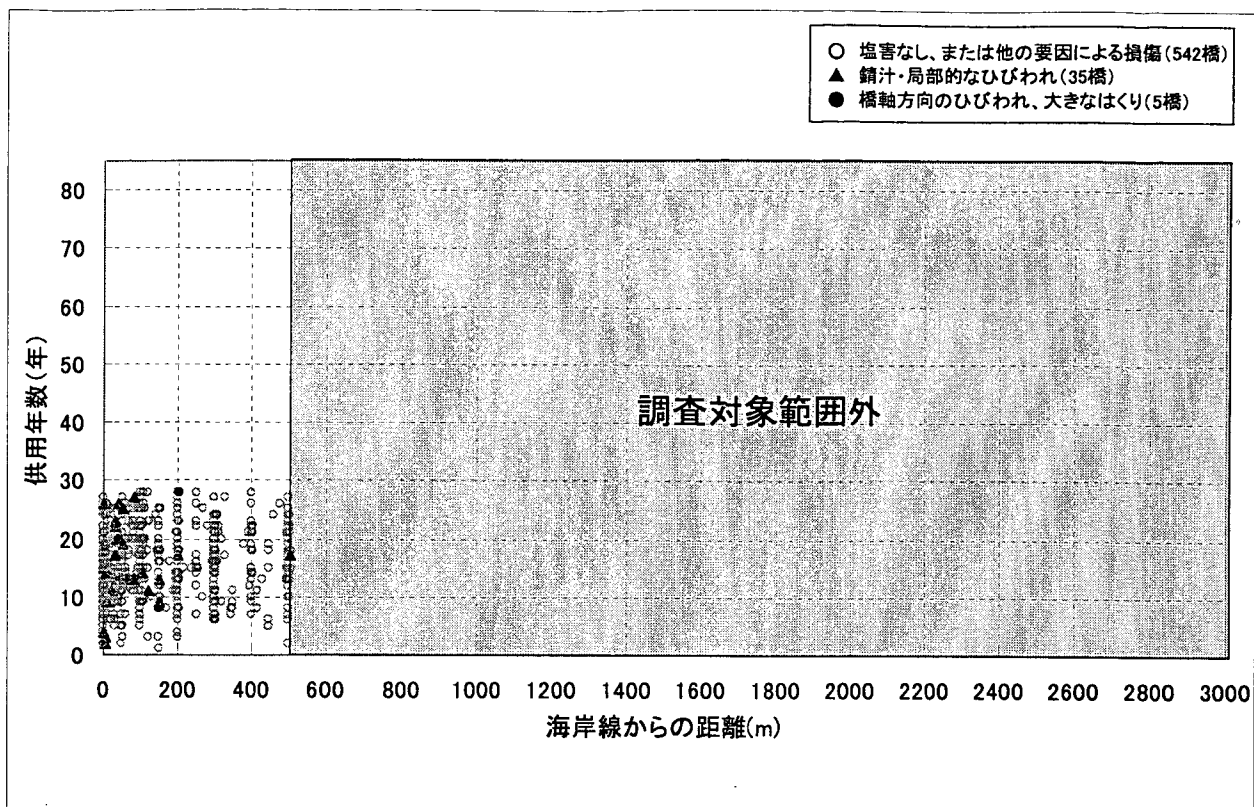


(a) 第1回塩害調査 (1982年実施)

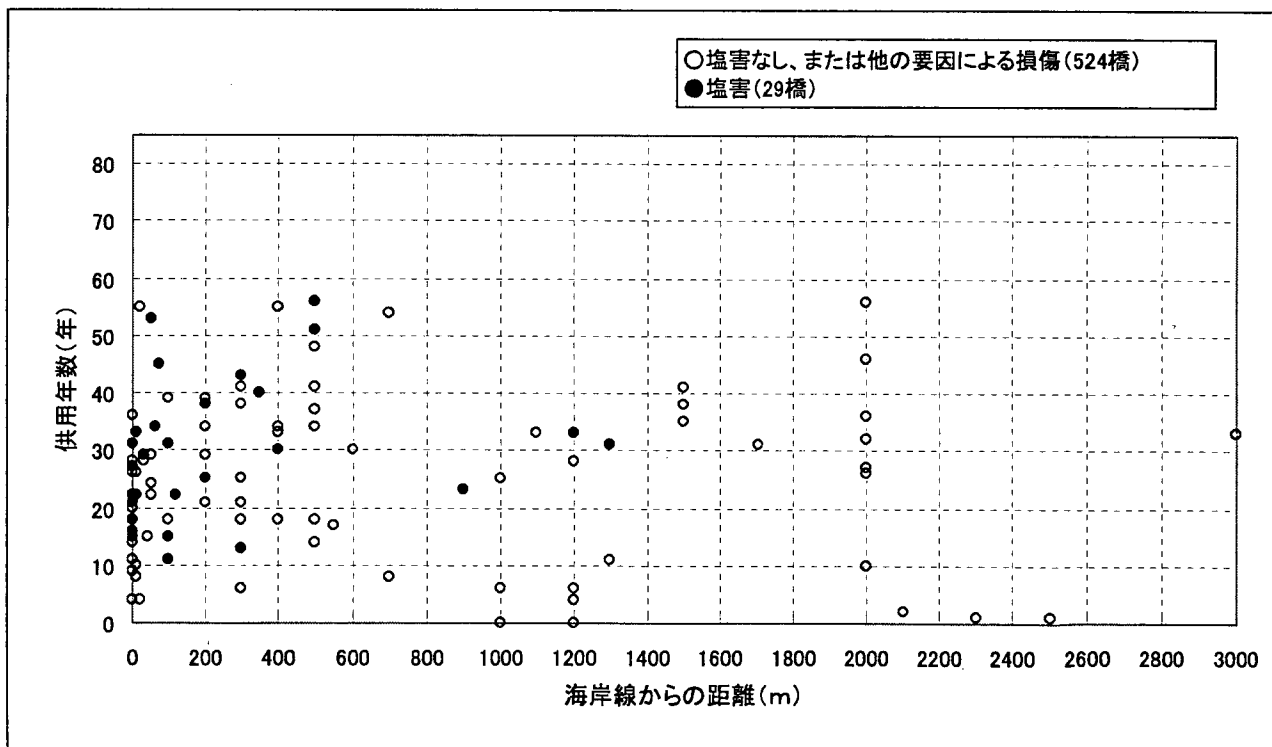


(b) 第2回塩害調査 (2000年実施)

図-3.12 地域区分A・Bにおける「海岸線からの距離」と「供用年数」との関係(上; 1982年、下; 2000年)



(c) 第1回塩害調査 (1982年実施)



(d) 第2回塩害調査 (2000年実施)

図-3.13 地域区分Cにおける「海岸線からの距離」と「供用年数」との関係(上; 1982年、下; 2000年)

### 3.3.3 1984年以前及び以降に架設されたコンクリート橋梁の塩害実態状況

「S59 塩対指針（案）」が通達された1984年以前と以降に架設されたコンクリート橋梁の塩害発生状況について比較した。図-3.14、3.19、3.24に、地域区分A～C毎にそれぞれの実態結果の内訳を示す。さらに、図-3.16、3.18、3.21、3.23、3.26、3.28に1984年以前と以降における経過年数別、海岸線からの距離別で表したものを示す。

地域区分Aについて、海岸線からの距離をある範囲（例えば600mまでの範囲）で区切った場合の塩害橋数の割合をみると、図-3.16(b)、図-3.18(b)より1984年以前の塩害橋数の割合は70%、1984年以降は7%と1984年以前の方が塩害を受けた橋梁数の割合が大きいことがわかる。また、地域区分Bについても同様に、海岸線からの距離をある範囲（例えば300mまでの範囲）で区切った場合の塩害橋数の割合をみると、図-3.21(b)、図-3.23(b)より1984年以前の塩害橋数の割合は64%、1984年以降の塩害橋数の割合は20%と、明らかに1984年以前の方が塩害を受けた橋梁数の割合が大きいことがわかる。地域区分Cについても同様に1984年以前の方が塩害を受けている傾向がみられる。

また、S59 塩対指針（案）が出された1984年を境に、それ以降の年に建設された橋梁数の割合について着目すると図-3.14、図-3.19、図-3.24から地域区分Aでは53%（32橋）、地域区分Bでは27%（106橋）、地域区分Cでは25%（140橋）であった。さらに、それらのうち塩害対策が施された割合は、地域区分Aでは100%（32橋）（1984年以降に建設された橋梁数と同じ）、地域区分B（海岸線から300mまでの範囲内）では28%（30橋）、地域区分C（海岸線から200mまでの範囲内）では、18%（25橋）であった。その中で、塩害を受けている橋梁数の割合は図-3.17、図-3.18(b)、図-3.22、図-3.23(b)、図-3.27、図-3.28(b)より、地域区分Aは3%、地域区分Bは20%、地域区分Cは0%であった。

このように塩害対策が施されているにも関わらず塩害が生じている原因としては、先に述べたようにかぶり不足等の施工品質のバラツキ等も考えられるが今回の調査では明らかにできなかった。

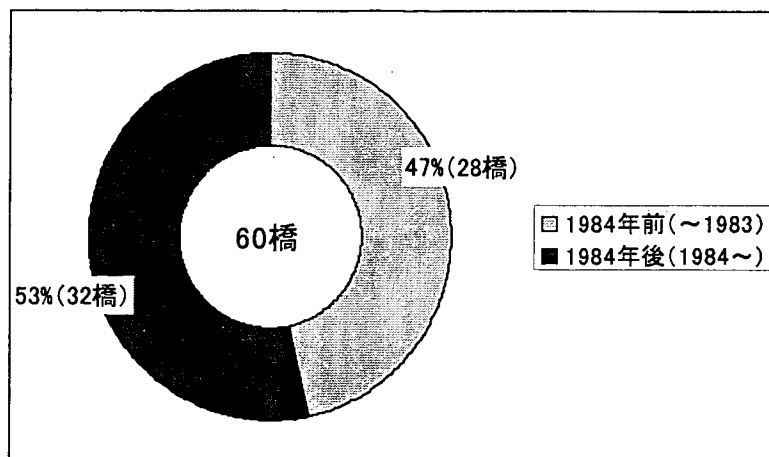


図-3.14 地域区分Aにおける1984年以前及び以降に架設されたコンクリート橋数の内訳

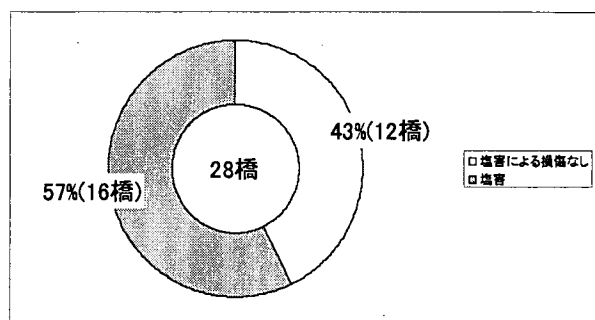


図-3.15 1984年以前の塩害実態の内訳

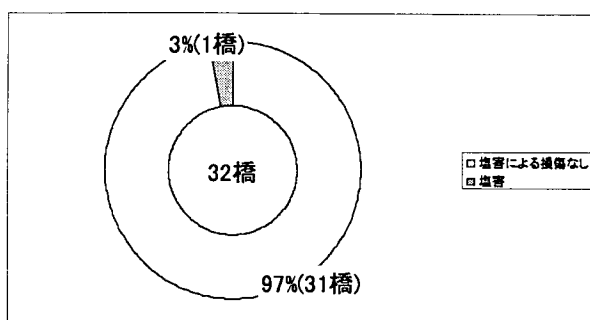


図-3.17 1984年以降の塩害実態の内訳

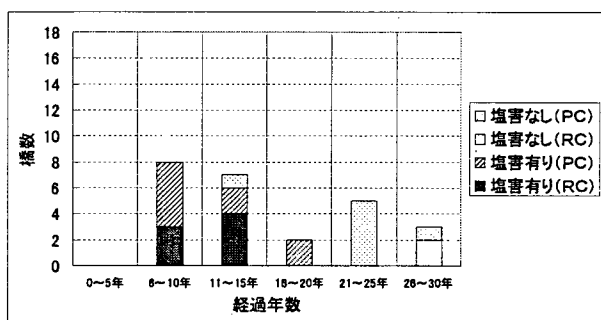


図-3.16(a) 1984年以前の塩害実態 (経過年数別)

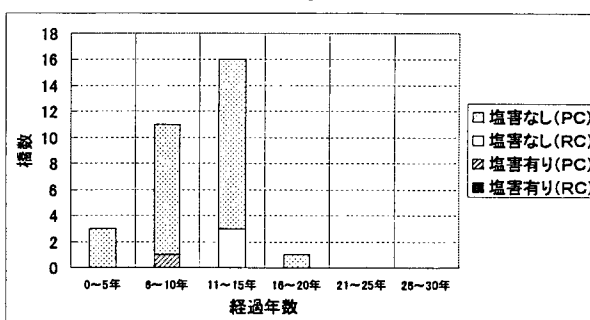


図-3.18(a) 1984年より以降の塩害実態 (経過年数別)

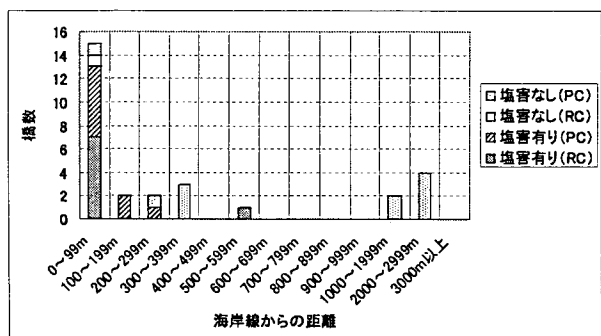


図-3.16(b) 1984年以前の塩害実態 (海岸線からの距離別)

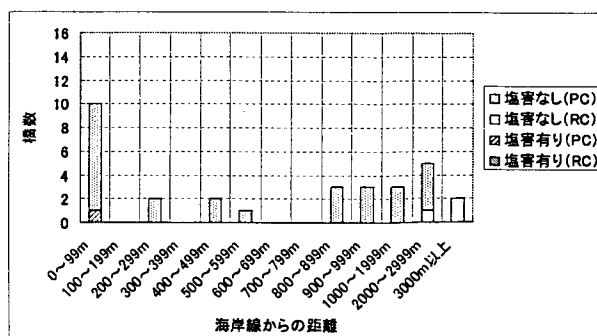


図-3.18(b) 1984年より以降の塩害実態 (海岸線からの距離別)

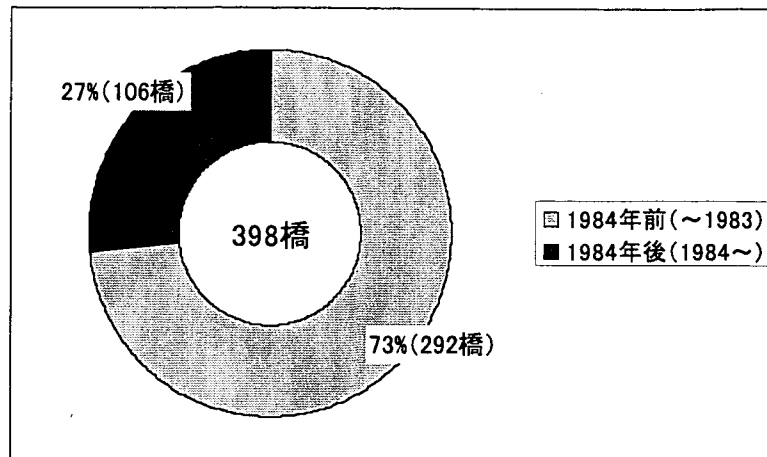


図-3.19 地域区分Bにおける1984年以前及び以降に架設されたコンクリート橋数の内訳

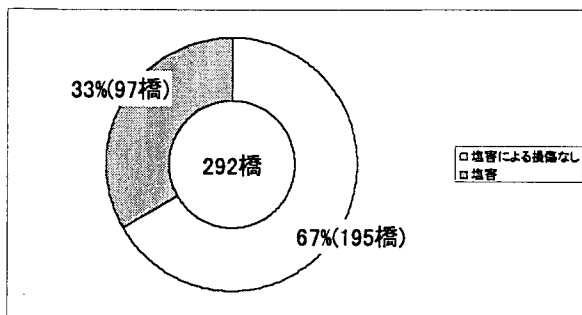


図-3.20 1984年より以前の塩害実態 (B)

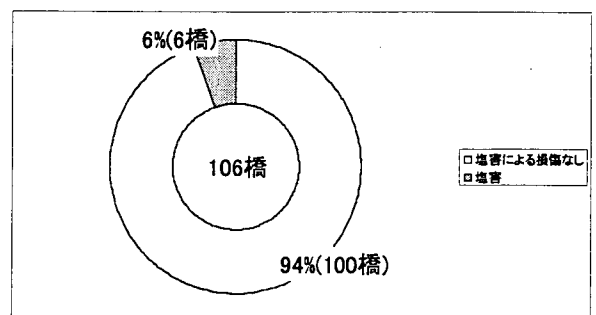


図-3.22 1984年より以降の塩害実態 (B)

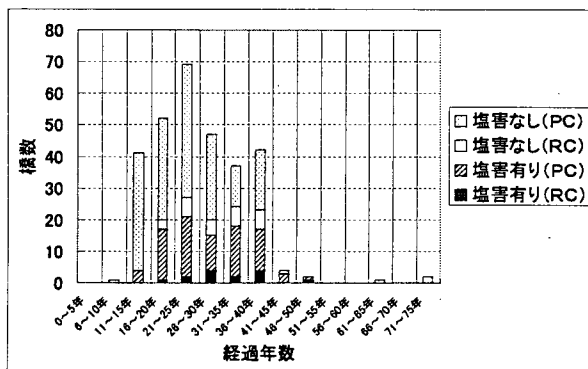


図-3.21 (a) 1984年以前の塩害実態 (経過年数別)

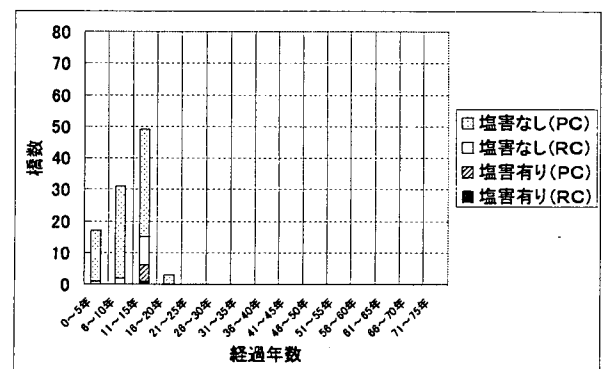


図-3.23 (a) 1984年より以降の塩害実態 (経過年数別)

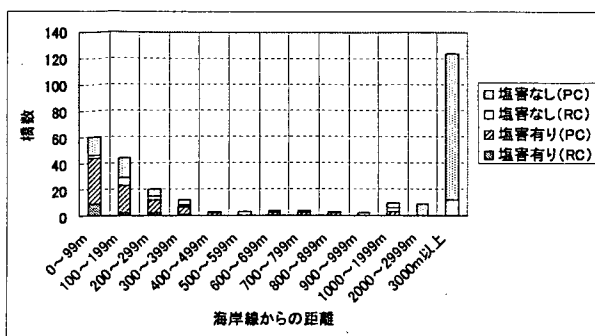


図-3.21 (b) 1984年以前の塩害実態 (海岸線からの距離別)

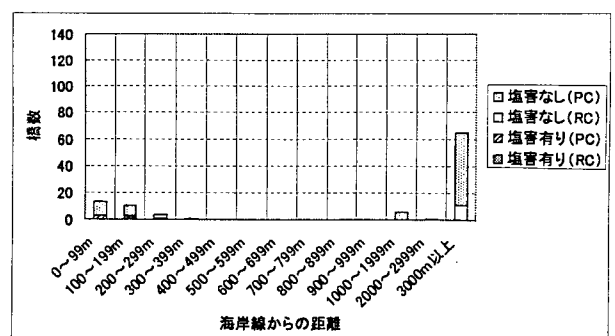


図-3.23 (b) 1984年より以降の塩害実態 (海岸線からの距離別)



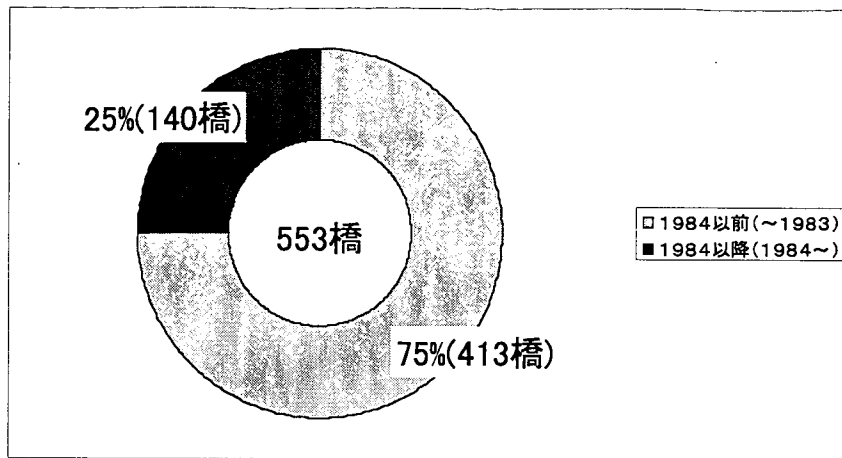


図-3.24 地域区分Cにおける1984年以前及び以降に架設されたコンクリート橋数の内訳

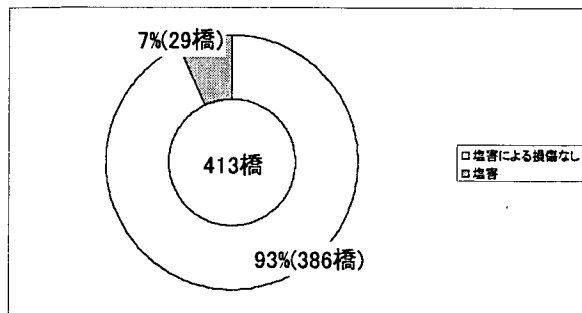


図-3.25 1984年より以前の塩害実態 (C)

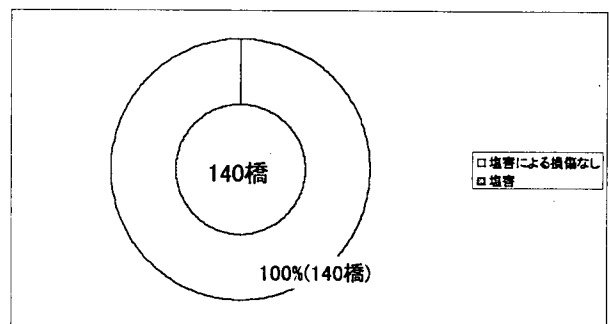


図-3.27 1984年より以降の塩害実態 (C)

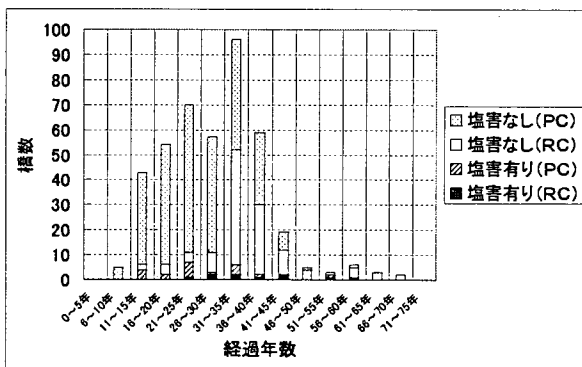


図-3.26(a) 1984年以前の塩害実態 (経過年数別)

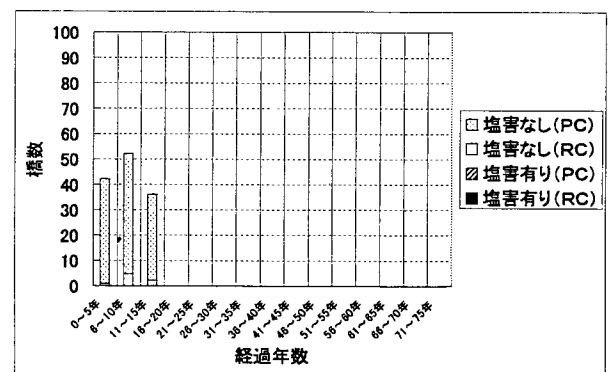


図-3.28(a) 1984年より以降の塩害実態 (経過年数別)

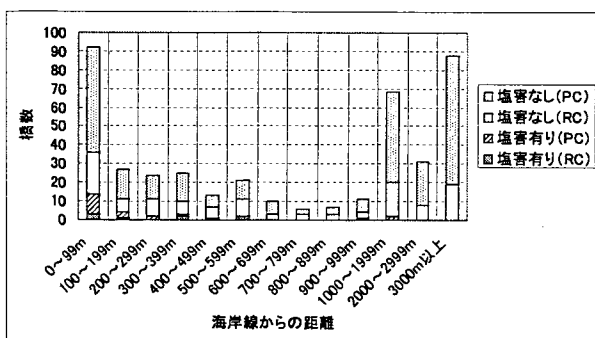


図-3.26(b) 1984年以前の塩害実態 (海岸線からの距離別)

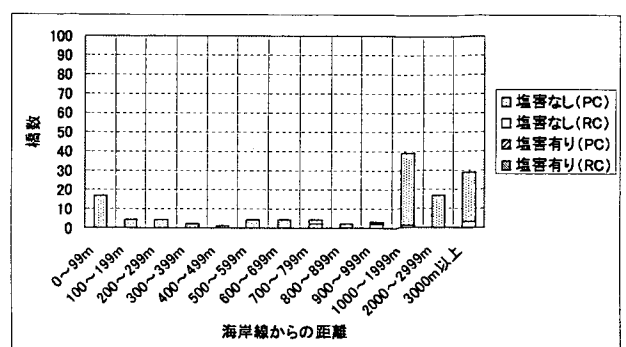


図-3.28(b) 1984年より以降の塩害実態 (海岸線からの距離別)

### 3.3.4 各要因の影響

ここでは、塩害の発生に影響を及ぼすと考えられる「水セメント比（コンクリート強度）」、「上部構造形式」、「部位」について着目し、その影響を検証する。

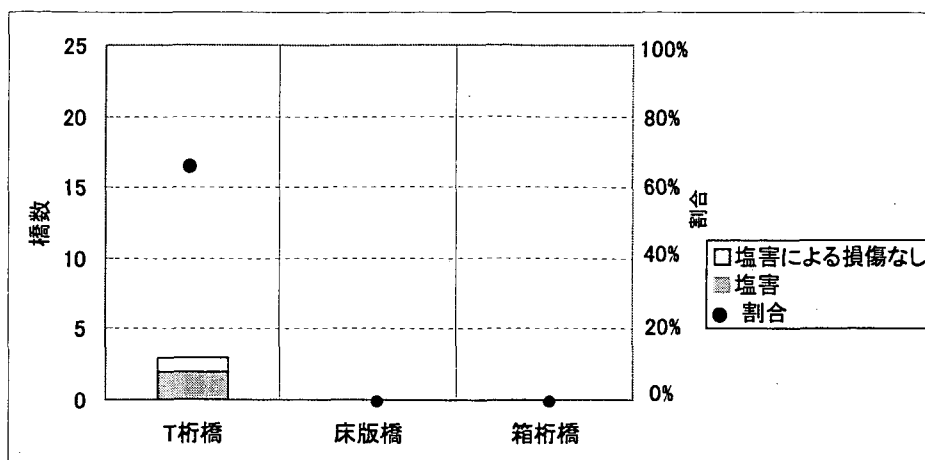
#### (1) 「水セメント比（コンクリート強度）」と「上部構造形式」からみた塩害の実態状況

図-3.29～3.31に各地域区分A～Cにおける各橋種毎（プレテン、ポステン、RC）の構造形式別からみた塩害損傷状況を示す。なお、グラフ化するにあたり以下に示す条件に基づき行っている。

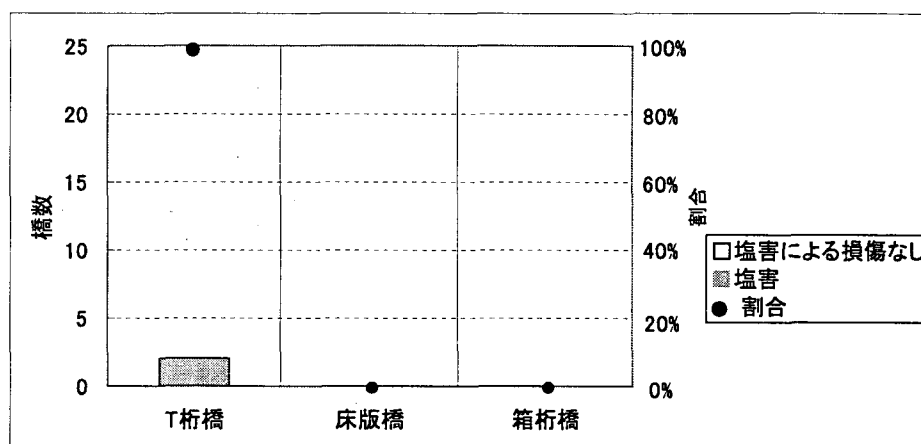
- ・「水セメント比（コンクリート強度）」に着目するため、付属物（地覆、壁高欄）、下部工（梁、柱）及び T 桁橋のうち床版部（間詰め部）にだけ損傷として挙げられているデータは、ここでは削除している。
- ・海岸線から 1 km 以内の橋梁（図-3.9、3.10より塩害を受けている橋梁のほとんどが 1km 以内にあるため）
- ・1960～1978年の間に架設された橋梁（今回行った調査結果より1960年代に架設された橋梁が多く、1978年に出された道路橋示方書Ⅲコンクリート橋編でかぶりの規定値が変わっているため（※詳細は巻末の付属資料-4参照））
- ・今回の調査より、上部構造形式の中で比較的架橋数の多かった T 桁橋・床版橋・箱桁橋に着目する

地域区分 A～C における各橋種毎の全橋梁数は、各橋種とも T 桁橋の割合が比較的多く、次いで床版橋、箱桁橋の順となっている。床版橋・箱桁橋は母数が少なく、これらのデータから橋種別による違いを考察することは困難である。また、構造形式別による塩害の受けやすさの検討を行うためには、同じ環境条件で架橋されている橋梁どうしを比較することが考えられるが、2000年調査ではそのような調査は行っておらず、今後そのような調査を行う必要があると思われる。

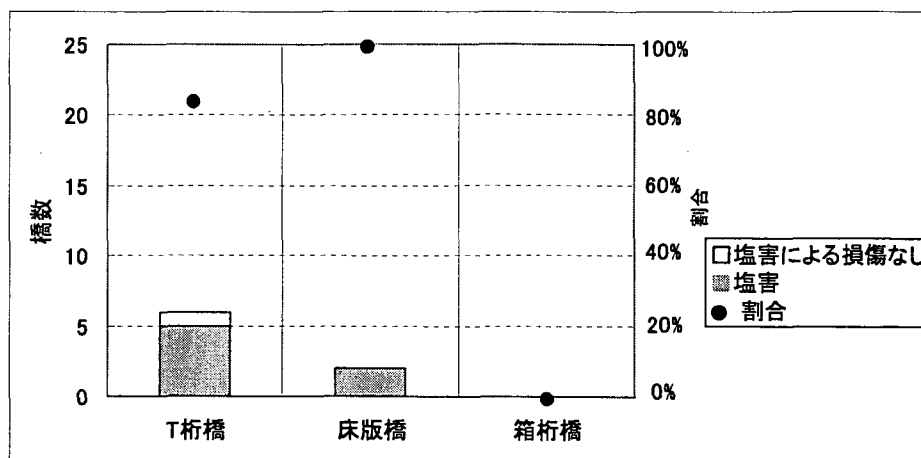
また、T 桁橋に着目すると、地域区分 A～C の全てにおいて概ねプレテン<ポステン<RC という順で損傷割合は大きくなっている傾向を示している。この結果は、コンクリートの強度が大きければ大きいほど、つまり、水セメント比が小さければ小さいほど、塩害による損傷を受けにくいことを示していると考えられる。



(a) プレテンション橋の構造形式別による塩害実態状況

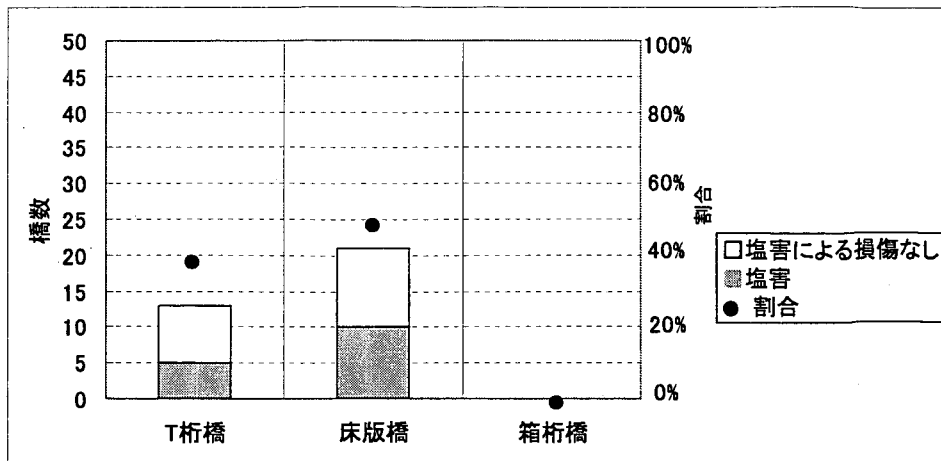


(b) ポストテンション橋の構造形式別による塩害実態状況

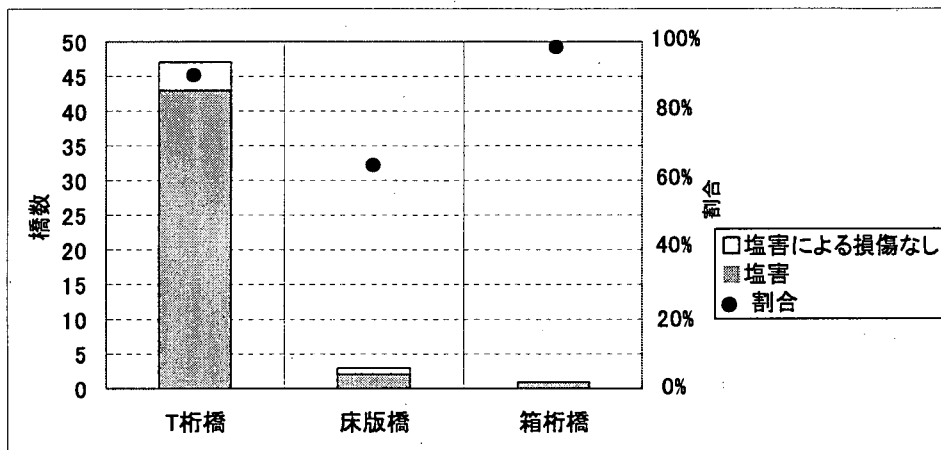


(c) RC橋の構造形式別による塩害実態状況

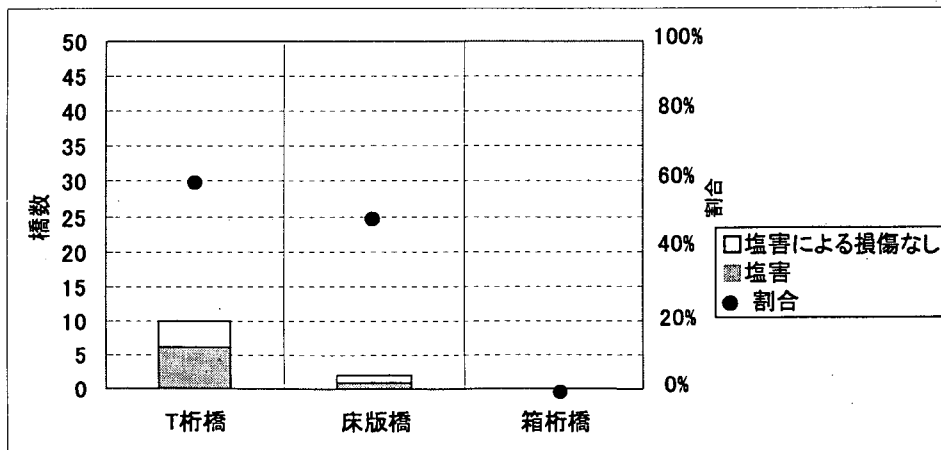
図-3.29 地域区分Aにおける各橋種毎の構造形式別からみた塩害実態状況



(a) プレテンション橋の構造形式別による塩害実態状況

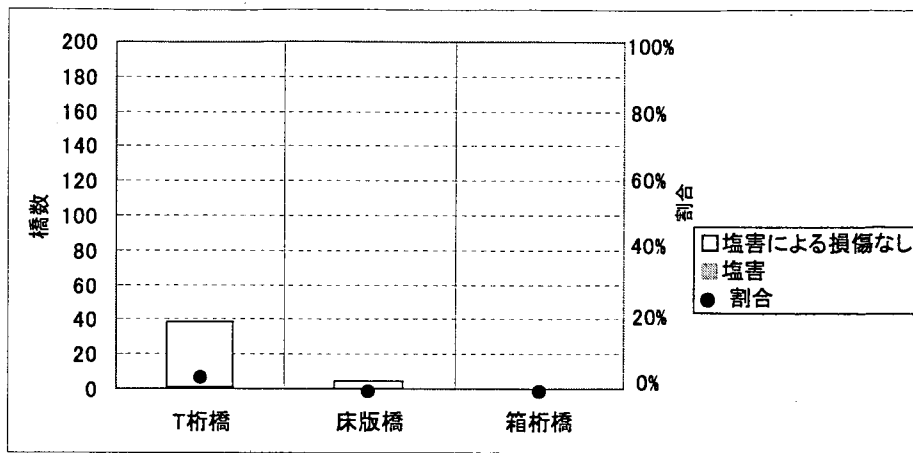


(b) ポストテンション橋の構造形式別による塩害実態状況

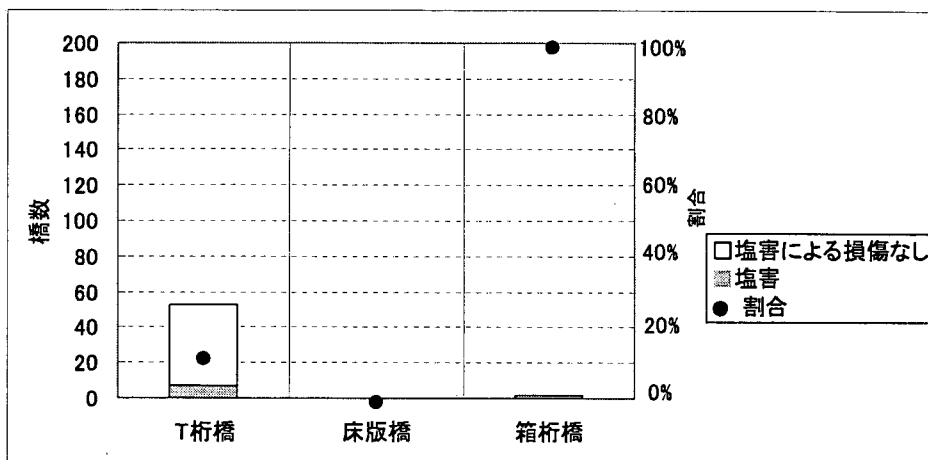


(c) RC橋の構造形式別による塩害実態状況

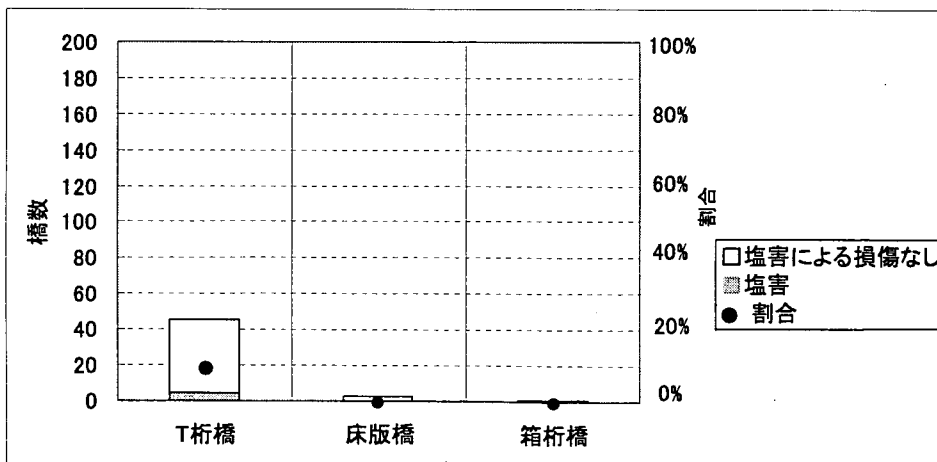
図-3.30 地域区分Bにおける各橋種毎の構造形式別からみた塩害実態状況



(a) プレテンション橋の構造形式別による塩害実態状況



(b) ポストテンション橋の構造形式別による塩害実態状況



(c) RC橋の構造形式別による塩害実態状況

図-3.31 地域区分Cにおける各部材毎の構造形式別からみた塩害実態状況

## (2) 部位別による塩害の実態状況

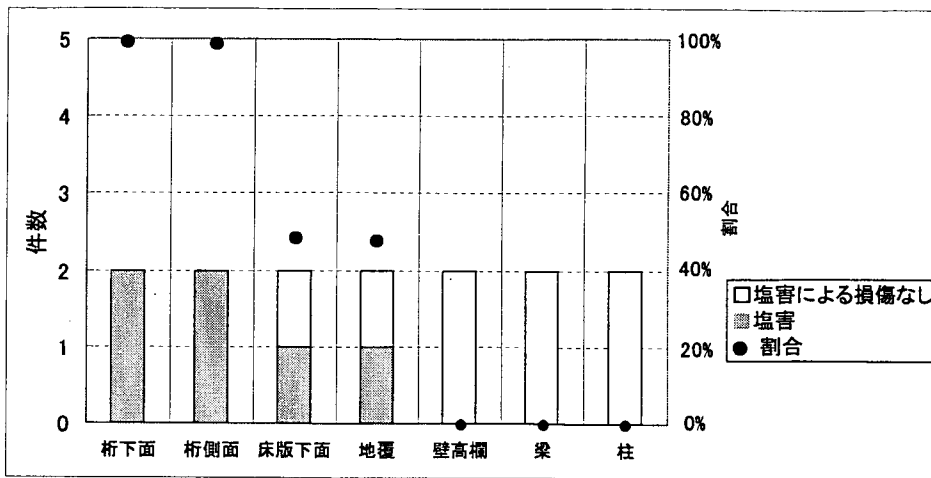
図-3.32～3.34に各地域区分 A ～ C における各橋種別（プレテン、ポステン、RC）部位毎からみた塩害の実態状況を示す。なお、グラフ化するにあたり対象データは以下の条件に合致するものとしている。

- ・調査シートから部位（桁側面・桁下面・床版下面等）の判断が比較的しやすい、T 桁橋に着目することとする
- ・1960 ～ 1978 年の間に架設された橋梁（今回行った調査結果より 1960 年代に架設された橋梁が多く、1978 年に出された道路橋示方書Ⅲコンクリート編でかぶりの規定値が変わっているため（※詳細は付属資料-4 参照））

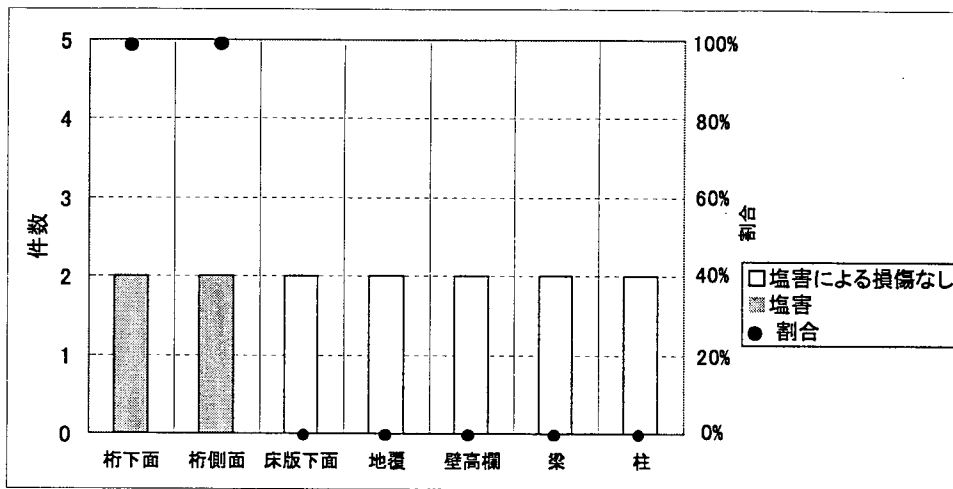
図-3.32～3.34まで上部工に関して言えることは、桁における損傷が他の部位と比べて比較的多く損傷が発生しており、次いで床版下面、地覆という順に損傷が発生していることがうかがえる。

しかし、問題点として以下に示すようなことが考えられた。

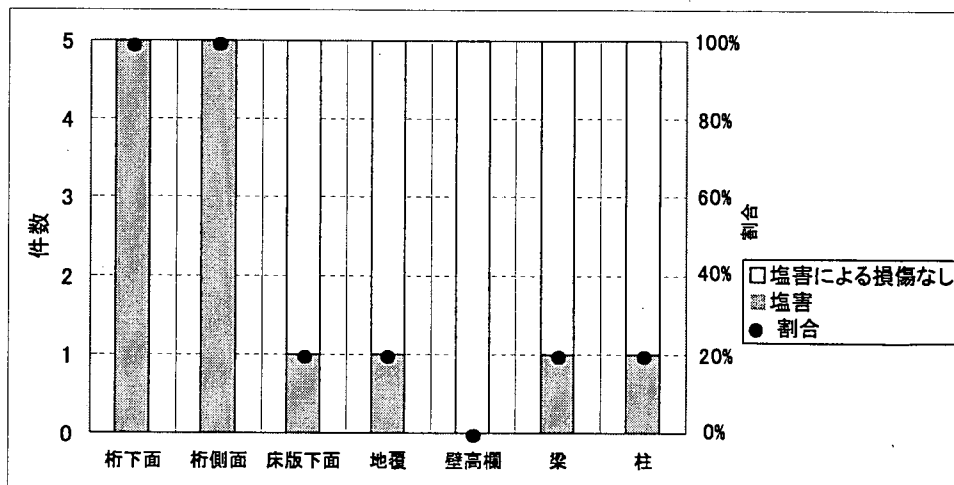
- ・壁高欄に関しては、今回の調査が壁高欄に着目したものとなっておらず、データだけでは壁高欄自体が存在しないのか、コンクリート製の壁高欄があるにもかかわらず損傷が生じていないのかを判断することは困難である。したがって本調査の結果から壁高欄の塩害については評価できない。
- ・T 桁橋において、「床版下面」で損傷有というデータがあったが、それは床板間詰部のことなのか、上フランジ下面のことを指しているのか判断し難いところがあった。
- ・下部工の梁に関しても壁高欄のときと同様に、それ自体が存在するのかそれとも損傷が発生していないのか判断し難いところがある。また下部工の柱についても、床版下面とほぼ同程度の損傷割合を示しているものの、下部構造にはマスコンクリートのものがあり上部構造に比べて乾燥収縮や温度応力による初期ひび割れが生じやすいことも考えられるなど、必ずしも上部構造と同様の評価ができない要素もあり今回の実態調査結果だけでは正確な考察は困難である。下部構造の塩害については、それを対象とした詳細な調査を実施して評価する必要があると考えられる（下部構造における詳細な検討は5章に記述）。



(a) プレテンションT桁橋の部位別による塩害実態状況

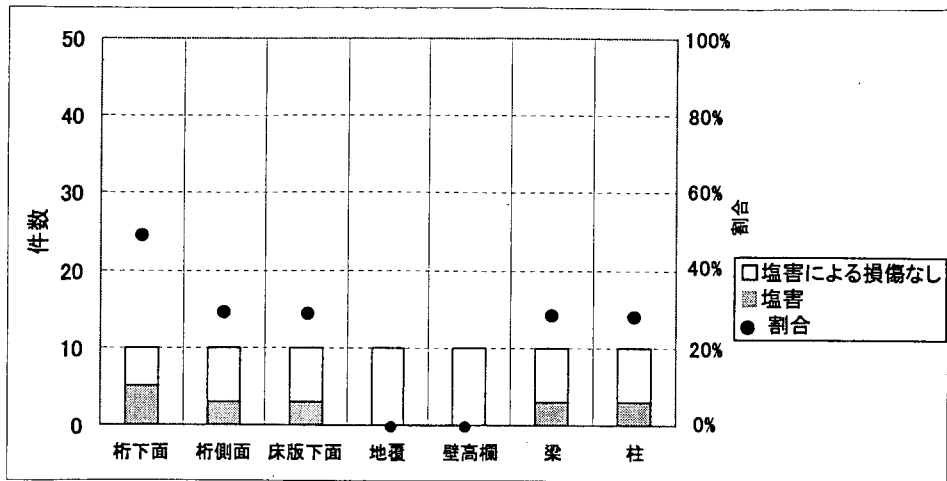


(b) ポストテンションT桁橋の部位別による塩害実態状況

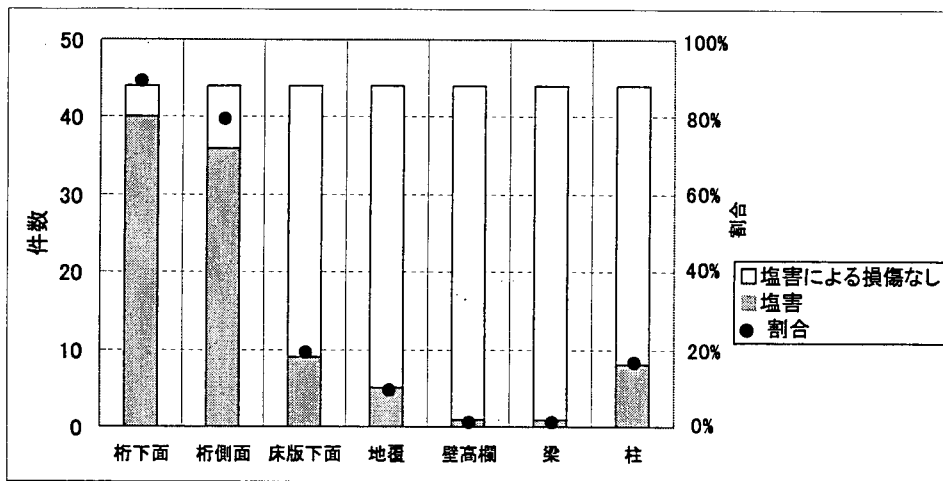


(c) RCT桁橋の部位別による塩害実態状況

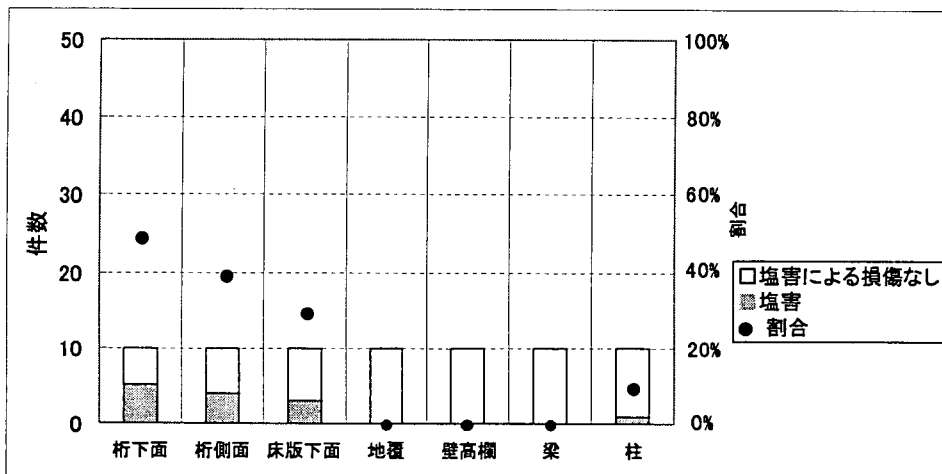
図-3.32 地域区分Aにおける各部材毎の構造形式別からみた塩害実態状況



(a) プレテンションT桁橋の部位別による塩害実態状況



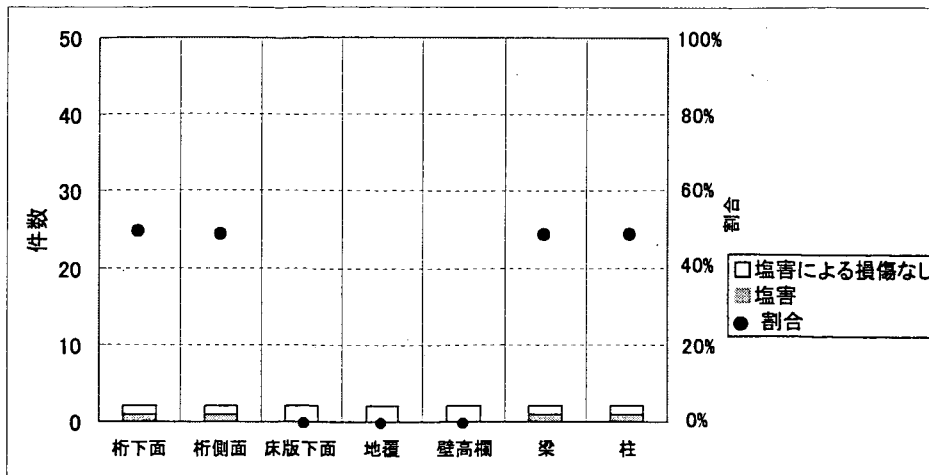
(b) ポストテンションT桁橋の部位別による塩害実態状況



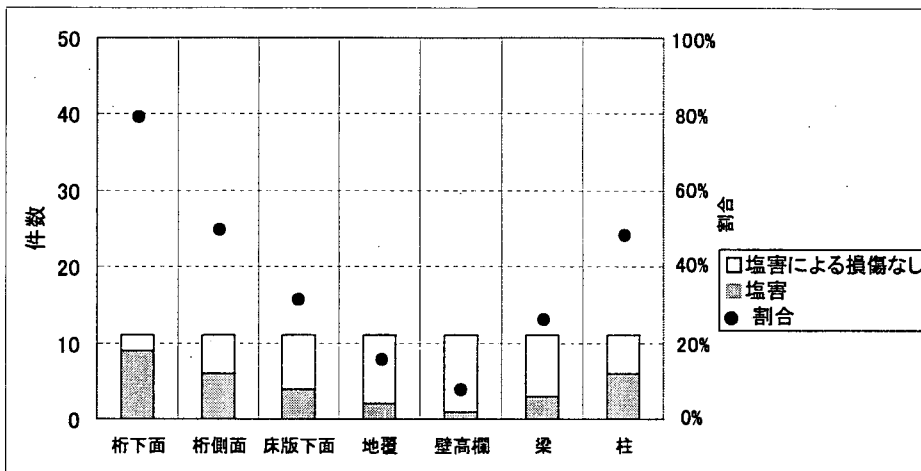
(c) RCT桁橋の部位別による塩害実態状況

図-3.33 地域区分Bにおける各部材毎の構造形式別からみた塩害実態状況

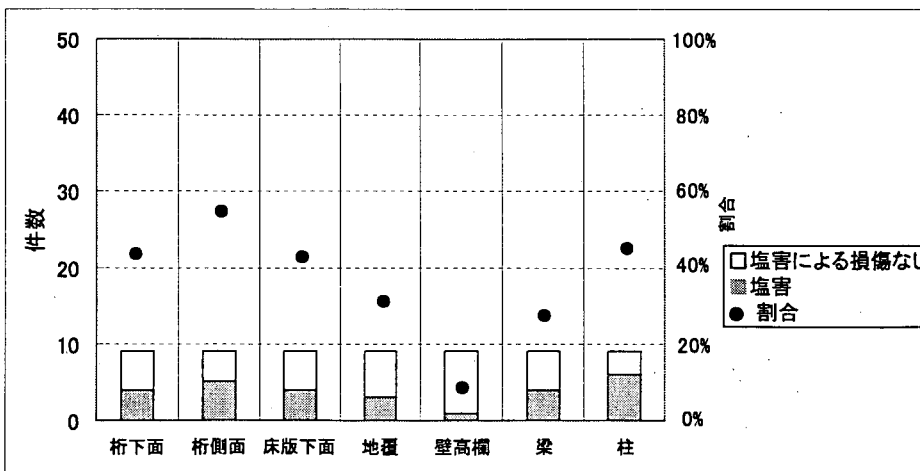




(a) プレテンションT桁橋の部位別による塩害実態状況



(b) ポストテンションT桁橋の部位別による塩害実態状況



(c) RCT桁橋の部位別による塩害実態状況

図-3.34 地域区分Cにおける各部材毎の構造形式別からみた塩害実態状況

### 3.4 まとめ

(1) 今回の実態調査結果から一般的に以下に示すことがわかった。

- ① 1982年の塩害調査結果と比べて海岸線から500m、1km以上離れた内陸部でも、塩害による損傷が確認できた。
- ② 海岸線付近に架橋されているコンクリート橋ほど、損傷事例が多くなるという傾向が確認できた。このことは、S59 塩対指針(案)で海岸からの距離に応じてかぶりを増減するという規定についての妥当性が確認できたものと考えられる(海岸からの距離によるかぶりの検討については4章で記述する。)
- ③ コンクリートの強度の違い(水セメント比の違い)により、塩害の発生頻度も変化していた。つまり、工場で製作されるような品質管理が適切に行われているプレテンション形式等の方が、現場で施工されるポストテンション・RCに比べて塩害による損傷を受けにくく、コンクリート強度の低いRCは損傷を受けやすい傾向にあった。
- ④ 塩害被害の実態を地域別に比較すると、沖縄地方、北海道・東北・北陸の日本海側において損傷事例が多く、それ以外の地域では損傷事例は比較的少なかった。この傾向は1982年調査時と同様であり、S59 塩対指針(案)における地域区分規定(地域区分Aは沖縄県、地域区分Bは北海道、東北、北陸の日本海側、地域区分Cは地域区分A・B以外の地域)の妥当性を確認できた。

(2) 第1回塩害調査の問題点を踏まえて第2回塩害調査を行ったが、以下に示す問題が明らかになった。

- ① 損傷要因の判定において、調査方法自体が道路管理者のアンケートということもあり、「3.3 調査結果」でも記述したように塩害であるとの判断基準にばらつきが生じていると思われた。
- ② 今回の調査では、凍結防止剤散布による塩害の発生があるのかどうかを確認するために、凍結防止剤散布の有無についてもアンケート形式で調査を行った。その結果、海岸線付近もしくは海岸部から数百m離れた内陸部でかつ凍結防止剤を散布するような環境で塩害のデータが存在したが、ほとんどのケースで損傷部位が凍結防止剤の飛散範囲外と思われる桁側面・桁下面などであった。このため、今回の調査結果では凍結防止剤散布による塩害の発生について確認できなかった。
- ③ 調査表の「壁高欄」「はり」「柱」の欄に、全く無記入のものがあり、それはその部材が存在しないのかそれとも損傷がないのか判断しかねるデータがあった。また、調査表に「桁下面」「床版下面」の欄があったが、例えば床版橋や箱桁橋で張出し床版の場合それは桁下面なのか床版下面を示すのか、判断し難かったところがあった。その結果、「3.3.4 各要因の影響」の「(2) 部位別による塩害の実態状況」ではT桁橋のみの整理となってしまった。また、T桁橋においても「床版下面」で損傷有というデータがあったが、それは床版間詰部のことなのか、上フランジ下面のことを指しているのか判断し難いところがあった。
- ④ 同じ架橋環境で同じコンクリート品質(強度・水セメント比など)で構造形式のみ異なる橋梁の塩害調査結果が得られていないため、構造形式と塩害の受けやすさの関係については適切に評価できない

かった。

- ⑤ 塩害対策以降（1984 年以降）において、塩害と認められたものは地域区分 A・B において 3～6 %程度であった。対策しているにも関わらず塩害が生じた原因は、施工に起因するかぶり不足等が考えられるが今回の調査では明らかにできなかった。

上記に挙げた問題点に対して、以下に示す改善方法が考えられる。

- ①に対しては、調査を依頼する側から詳細な記入例を示しておくべきだったと思われる。また、現地で簡便に損傷要因を特定できる方法の確立が必要である。
- ②に関して、凍結防止剤による塩害を評価するためには、凍結防止剤の散布の有無だけでなく、散布量、散布頻度、飛散状況、あるいは部材・部位毎の塩分濃度分布（凍結防止剤の影響範囲）などが把握できるような詳細な調査を実施する必要があると考えられる。
- ③に対しては調査依頼をするときに詳細な具体例を示すなど、部位の正確な把握が可能な調査の方法を考案する必要がある。
- ④、⑤に対しては、評価する内容に応じて必要な条件を満たす橋梁を対象として抽出するなど目的に応じた詳細調査の実施が必要である。