

土 木 研 究 所 資 料

コンクリートの初期塩化物量規制値 設定のための調査研究

昭和62年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所
地質化学部コンクリート研究室

Copyright ©1987 by P.W. R. I.

All rights reserved No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

コンクリートの初期塩化物量規制値 設定のための調査研究

地質化学部コンクリート研究室室 長 小林 茂敏

研究員 丹野 弘

高橋 弘人

企画部橋梁計画官 中野 正則

要 旨

近年問題とされているコンクリート構造物における塩害問題の原因の一つとして、初期の塩化物量を規制する必要性が生じた。本資料は、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」の一環としてコンクリート中の塩化物総量規制値を策定するにあたり行った調査研究の概要について取りまとめるとともに、総量規制通達試行後のコンクリート中の塩化物量について調査した結果についても併せて取りまとめ報告するものである。

キーワード コンクリート構造物、塩害、総量規制、実態調査、塩化物量

目 次

1. まえがき	1
2. コンクリート構造物の全国実態調査	2
2.1 調査概要	2
2.2 劣化原因の判定方法	3
2.3 調査結果および考察	8
3. コアによるコンクリート構造物の調査	14
3.1 調査目的	14
3.2 調査方法	14
3.3 調査結果	15
3.4 まとめ	20
4. 海砂の使用と損傷発生との関係に関する考察	22
4.1 概説	22
4.2 有意差の検証方法	22
4.3 有意差の検定結果	23
4.4 総合的な結論	25
5. 塩化物総量規制の必要性	26
5.1 コンクリート構造物の実態調査からみた規制値の必要性	26
5.2 暴露試験調査の結果からみた規制値の必要性	27
5.3 諸外国における基準および研究	32
5.4 レデーミクストコンクリート中の塩化物含有量の実態	34
6. 塩化物総量規制試行状況調査	36
6.1 調査の目的	36
6.2 調査概要	36
6.3 塩化物量調査結果	37
6.4 その他の調査結果	40
6.5 塩化物総量規制試行上の問題点	42
付属資料	
付表1. 生コン中の塩化物量調査結果（昭和60年度）	45
付表2. 生コン中の塩化物量調査結果（昭和61年度）	53

1. まえがき

近年までの日本経済の急激な成長に伴い、精力的に進められてきた道路交通網の整備、河川改修等の治水対策の結果、これまでに充分とはいえないながらも、各種社会資本の蓄積が進み、コンクリート構造物の保有量も膨大なものとなってきている。また、社会が低成長時代を迎えるとともに、既存の構造物を適切に維持管理し、良好な供用水準を保つことも重要となってきている。

一方、塩害やアルカリ骨材反応などのコンクリート構造物の早期劣化が大きな社会問題となり、コンクリート構造物に対する国民の信頼が著しく低下してきている。

このような状況を鑑み、建設省では総合技術開発プロジェクトにおいて「コンクリート耐久性向上技術の開発」を設定し、昭和60年度より3ヶ年計画で調査研究を進めることとなった。

本資料は、その一環としてコンクリート中の塩化物総量規制値を策定するにあたり、行った調査研究の全要を述べるものである。以下、本資料の構成は次のとおりである。

まず、2章コンクリート構造物の全国実態調査では、構造物の損傷の状況およびその原因について外観調査によって把握した概要を述べる。

次に、3章コアによるコンクリート構造物の調査では、コンクリート構造物からコアを採取し、塩化物を含む原因となる海砂等の材料の使用実態および、その使用と硬化コンクリート中に含まれる塩化物量との関連についての調査結果を述べる。

また、4章では、2および3章に示した2つの調査結果を分析し、海砂の使用がコンクリート構造物の損傷状況におよぼす影響について、考察する。

5章では、2～4章に述べた調査結果等から塩化物総量の規制が必要かどうかを考察する。

6章塩化物総量規制試行状況調査では、昭和61年度に実施した建設省所管工事（一部を除く）に使用されたコンクリート中の塩化物量について調査した結果、ならびに規制実施上の問題点をアンケート調査した結果を資料として収録した。

本調査を実施するにあたっては、建設省内各地方建設局ならびに北海道開発局土木試験所、沖縄総合事務局の構造物管理者ならび工事担当者の方々に多大な御協力をいただいた。ここに記し、深く感謝いたします。

2.1. 調査概要

塩害によるコンクリート構造物の損傷については、先に海岸線から500m以内にあるコンクリート橋の調査を行ったところ、海岸近くに発生している塩害は外部より浸入する塩分が主原因であることが明らかとなっている。

さらに、本調査は、橋梁だけでなく水門、護岸の各構造物毎に損傷の現況およびその特徴を把握することを第二の目的とした。

1-2 調査の方法

(1) 橋梁(上部工、下部工)	橋長30m以上
(2) 水門	主要な水門、河口堰
(3) 護岸	自立式護岸、海岸堤防、高潮堤防(樋門、樋管の取り付け擁壁を含む)。原則として同一海岸、河川の同一断面、同一施工時期の区間を一箇所とする。

建設時の各種の条件(材料の種類等)は、設計図書等をもとにして調査記入することとした。

1-3 調査結果の整理方法

構造物の種類(1)

橋梁	{	上部工	{	主桁
				横桁
	{	下部工	{	橋台
				橋脚

(2)

水門	{	門柱
		胸壁
		翼壁

(3) 護岸 { 表のり工
波返し工

海岸線からの距離 500m以内

500mを超えるもの

損傷状況 損傷の有無・種類・原因

なお、使用材料(セメントの種類、混和剤、骨材の種類等)に関しては、不明とするものが非常に多く見られたため、今回の整理では対象に入れなかった。

2.2. 劣化原因の判定方法

アンケートでは、損傷劣化の有無、および有のものについては損傷種類が豆板、錆汁、ひびわれ(主筋方向、主筋に対し直角方向、多方向)、剝離、鉄筋露出、鉄筋破断、風化、すりへのいずれであるかを記入するものとし、さらに損傷状況を写真で示すこととした。

損傷原因は回答者の判定によるものとしたが、判定に個人差が生じたり、判定の困難さがあることを考慮して、建設省土木研究所の技術者によって写真等を基に判定に誤りがないかどうかの再検討を行うものとした。

損傷原因の種別と判定基準は、表-2.1のようなものとした。

ただし、表に示す原因種別は明確に分類できない場合もあることから、整理する場合の原因はいくつかをまとめて、同表中に示す6区分で行った。

表-2.1 原因の判定基準

区分	原因種目	判定基準
塩害	塩害	錆汁、鉄筋沿いのひびわれ、剝離がかなり広い区域で発生している。かぶりの厚さは、1cm以上はある。
かぶり不足等	豆板等	損傷部分がコンクリートの豆板、巣、打継ぎ目である。
	かぶり不足	鉄筋が露出したり、ひびわれ、錆汁が発生している部分のかぶり約1cm未満である。ごく限られた部分の鉄筋露出。
コンクリートの収縮劣化	風化・老朽化・凍結融解	表面のすりへりや力学的原因以外の剝離を生じている。
	温度応力	断面を貫通する直線的なひびわれ。断面にずれはない。ひびわれは途中で消えている。温度変化によりひびわれが発生しやすい部分(変位拘束のある部分)に生じている。
	乾燥収縮ひび	網目状、亀甲状、その他方向性の無いひびわれ。ひびわれ幅がASRによるものに比べて小さく、応力の小さい所にも発生している。錆汁等は生じていない。
荷重基・健全条件	荷重、過大な外力	曲げひびわれ(モーメントの大きな部分に主鉄筋に直角な方向にはいるひびわれ)、衝突の跡やひっかき傷、コンクリートの圧壊、せん断ひびわれ等がある。
	不等沈下	コンクリートに発生しているひびわれが躯体断面を貫通している。ひびわれで断面のずれがある。
ASR	ASR(アルカリ骨材反応)	網目状ひびわれ。 試験によって骨材の反応性が確認されている。
不明	不明	劣化の原因が不明。 ASRを思わせる網目状のひびわれが発生しているが、ASRの確認をしていない。

各原因について、代表的な写真を写真1～9に示す。



写真 1

荷重一曲线ひびわれ

(補修済主桁)



写真 2

豆板等一豆板

(護岸)



写真 3

かぶり不足

(橋梁主桁)



写真4
凍結融解
(橋脚)



写真5
塩害
(橋梁主桁)



写真6
不等沈下
(護岸)

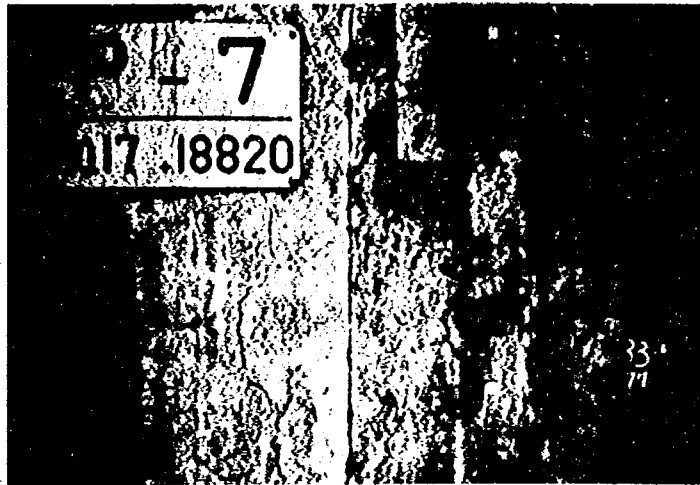


写真7
ASR
(橋脚)

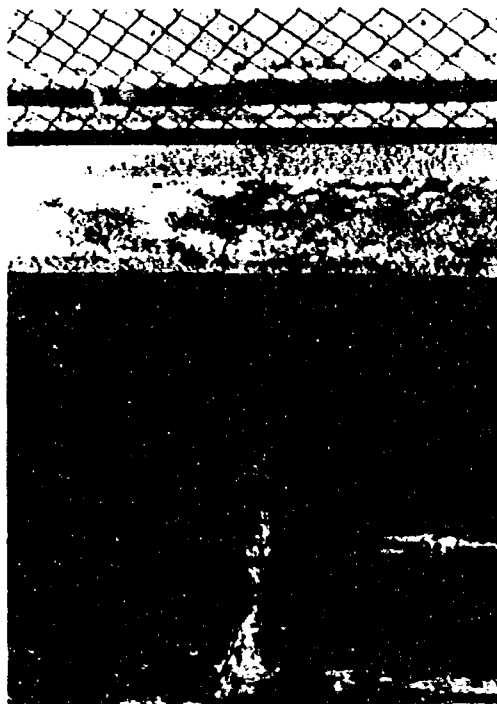


写真8
温度応力
(護岸)

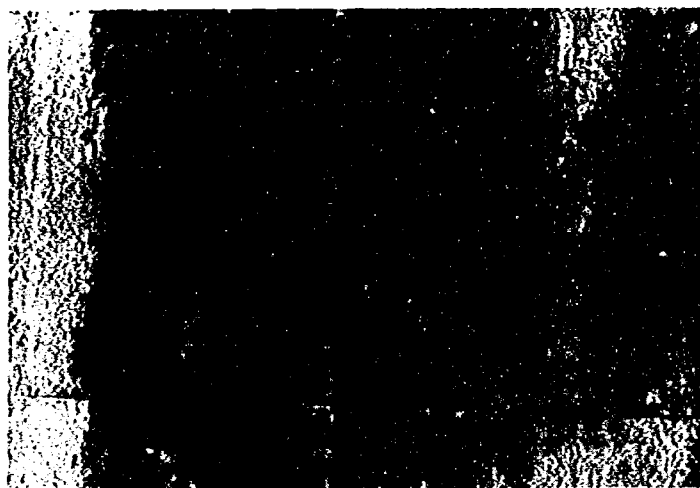


写真9
乾燥収縮
(橋脚)

2. 3. 調査結果および考察

3-1 概要

回答されたデータの一次集計は、表-2.2 のようなものであった。
すなわち合計5603部位の損傷状況を調査した。

表-2.2 集計結果概要

	橋 梁	水 門	護 岸	計
回答データ票数	1749橋	239門	287箇所	2275件
集計対象票数	1724橋	239門	287箇所	2250件
調 査 部 位	上部工1303 下部工3170	門柱 236 胸壁 220 翼壁 220	表のり工229 波返し工225	—
計	4473	676	454	5603 部位

3-2 橋梁

1) 損傷原因の特徴

表-2.3は上・下部工を、それぞれ海岸線から500m以内のものと500mを超えるものに
分け、損傷の原因の頻度を整理したものである。損傷の原因の判定は、表-2.1の分類
方法、区分により行った。

表-2.3 橋梁の原因別損傷割合(被害数/全数)

原因区分		塩 害	かぶり不足等	コンクリートの 収 縮 劣 化	荷重・基礎条件	ASR	不 明
部分	環境						
上 部 工	500 m 以内	24.0% (62/258)	7.8% (20/258)	1.9% (5/258)	1.6% (4/258)	0% (0/258)	1.9% (5/258)
	500 mを 超えるもの	0 (0/1045)	2.8 (29/1045)	1.1 (12/1045)	4.6 (48/1045)	0 (0/1045)	2.3 (24/1045)
下 部 工	500 m 以内	3.7 (16/427)	2.6 (11/427)	8.4 (36/427)	1.2 (5/427)	1.6 (7/427)	4.0 (17/427)
	500 mを 超えるもの	0 (0/2743)	3.8 (105/2743)	8.7 (239/2743)	1.7 (46/2743)	0 (0/2743)	2.6 (72/2743)

その結果、海岸線から500m以内にある橋の上部工に塩害を生じている橋の割合が24%と
非常に高いが、海岸線から500mを超えると、塩害の発生は0%であった。損傷原因で塩害
の次に多いものは、海岸ではかぶり不足等、海岸線から500mを超えると荷重・基礎条件に

よるものであった。荷重・基礎条件による損傷は川を通過する舟の衝突などによるもので、いずれも材料やコンクリートの施工方法には関係がないものと考えられた。

以上から上部工に発生している塩害その他の損傷は、波飛沫や潮風など外部からの塩分の影響によるものと考えられ、海砂の使用など材料に起因するものは非常に少ないと思われた。

施工不良による損傷の発生割合が海岸線から500m以内の場合と500m以上離れた場合で大きく異なり、海岸では施工不良の割合が大きいのは、海の近くでは外部からの塩分の影響等が大きく、鋼材が腐蝕しやすい環境にあるため、施工不良が顕在化しやすい状況になっているためではないかと考えられる。

また、逆に荷重・基礎条件による損傷が海岸線から500mを超えるものに多い理由としては、海岸線から500m以内では初めは荷重・基礎条件によって発生したひびわれであっても外部からの塩分などの影響を受けて塩害などを生じ、荷重・基礎条件以外の原因に区別されるような損傷状況になっていったことが考えられる。

下部工には、海の近くでは塩害も僅に発生していたが、上部工に比べて非常に少ない。損傷原因はコンクリートの収縮劣化によるものが最も多く、これは下部工はマスコンクリートで、一般には収縮目地を設けずに施工されるため、温度応力によるひびわれなどによる影響が大きいと考えられる。

海岸線から500mを超えると、塩害は上部工の場合と同様に0%であった。

損傷原因で最も多いのはコンクリートの収縮劣化によるもので9%程度を示し、海岸線から500m以内にあるものと同様で割合であった。

地域別に塩害の発生部位数を調べると、表-2.4のように、東北・北陸に多い結果となった。

表-2.4 地域別の塩害の発生部位数

地 域	上部(主桁)	上部(横桁)	下部(橋台)	下部(橋脚)	計
東 北	12	7	5	6	30
関 東	1	1	1	0	3
北 陸	16	11	0	2	29
中 部	1	0	0	0	1
近 畿	5	0	0	1	6
中 国	1 (1)	0	0	0	1 (1)
四 国	2 (1)	1	0	1 (1)	4 (2)
九 州	3	1	0	0	4
計	41 (2)	21	6	10 (1)	78 (3)

() 内 海砂を使用したことが明らかなもの

なお、「コンクリート専門委員会報告F-28細骨材の品質調査報告」(財)セメント協会)など生コンクリートの使用細骨材に関する調査結果によると、これらの地域では海砂はほとんど使用されていない。

2) まとめ

橋梁の損傷原因の調査結果をまとめると次のようになる。

- (a) 上部工には海岸近くで塩害を生じているものがかなりあった(24%)が、発生件数は地域によってかなり差があり、主として東北・北陸地方で発生している。
- (b) 下部工には、海岸近くで塩害も多少発生していた(4%)が、構造物の構造上の特徴からくるコンクリートの収縮劣化(主として温度応力によるひびわれ)による損傷が最も多く(8%)、この発生割合は海岸からの距離には関係がない。
- (c) 海岸線から500mを超えると、上・下部工とも塩害の発生件数は0となり、海岸から離れた地点では橋梁には外見上から塩害は発生していなかった。

3-3 水門

1) 損傷原因の特徴

水門に関する676件の調査データを、門柱と壁部に分け、さらに海岸線から500m以内とそれを超えるものとに細分し損傷率を整理すると、表-2.5のようになる。

表-2.5 水門の部位別損傷率 (損傷数/該当部位数)

部 位 海岸線からの距離	門 柱	胸壁・翼壁	計
500m 以内	42.9% (3/7)	15.4% (2/13)	25.0% (5/20)
500mを 超えるもの	5.7% (13/229)	2.3% (12/527)	3.8% (25/656)
計	6.8% (16/236)	3.2% (14/540)	4.4% (30/676)

水門は海岸線から500m以内にあるものは非常に少なく(3.0%(20/676))、大部分は内陸にある。

次に、表-2.6には門柱と壁部に分けて、表-2.1の判定法によって分類した原因別の損傷率を示す。

表-2.6 水門の原因別損傷率(損傷数/該当部位数)

損傷原因 部材名	塩 害	かぶり不足等	コンクリート の 収縮劣化	荷重・基礎条件	A S R	不 明
門 柱	0 % (0/236)	2.5 % (6/236)	2.5 % (6/236)	0.4 % (1/236)	0 % (0/236)	1.3 % (3/236)
翼 壁 胸 壁	0 (0/440)	0.5 (2/440)	1.6 (7/440)	0.7 (3/440)	0 (0/440)	0.5 (2/440)

海岸に近いものはデータ数が少ないので、海岸に近いものも内陸も合わせて整理した。

損傷の原因では、コンクリートの収縮劣化が最も多いが、その割合は小さい(2.5%)。また、塩害は発生していない。

水門は橋梁などと比べて損傷が非常に少ないのは、次のような理由によるものと思われる。

- (a) 大部分の水門は内陸部にあるので、外部からの塩分の影響は受けない。
- (b) 橋台や橋脚に比べてコンクリート体積があまり大きくないことや、収縮継目を確実に設けて施工されているので、温度応力によるひびわれなど発生することが少ない。
- (c) 水に接する構造物としてかぶりを従来から厚くしている(主筋の中心から10cmとするのが標準)。

2) まとめ

水門の損傷原因の整理結果をまとめると次のようになる。

- (a) 水門には外観からそれとわかる塩害は発生しておらず、また、他の原因による損傷も非常に少ない。
- (b) 損傷の少ない原因としては、水門は海岸の近くにあるものが少なく、外部からの塩分の影響を受け無いこと、かぶりが十分にあること、収縮継目が設けられていることなどが挙げられる。

3-4 護岸

1) 損傷原因の特徴

護岸に関する調査データを表のり工、波返し工に分け、さらに海岸線から500m以内とそれを超えるものとに細分し損傷率を整理すると、表-2.7のようになる。

護岸は水門とは逆に大部分(85.0%)が海岸線から500m以内にあった。すなわち集計されたものの大部分は海岸の護岸・堤防であった。

表-2.7 護岸の部位別損傷率(損傷数/該当部位数)

部 位 海岸線からの距離	表のり工	波返し工	計
500m 以内	39.1% (70/179)	49.8% (103/207)	44.8% (173/386)
500mを 超えるもの	28.0% (14/50)	16.7% (3/18)	25.0% (17/68)
計	36.7% (84/229)	47.1% (106/225)	41.9% (190/454)

次に、表-2.8には表のり工と波返し工に分けて、表-2.1の判定方法によって分類した原因別の損傷率を示す。

表-2.8 護岸の原因別損傷率(損傷数/該当部位数)

損傷原因 部 位	塩 害	かぶり不足等	コンクリート の 収 縮	荷重・基礎条件	すりへり劣化	不 明
表のり工	0% (0/229)	15.2% (35/229)	10.5% (24/229)	10.9% (25/229)	11.8% (27/229)	0.9% (2/229)
波返し工	0 (0/225)	29.8 (67/225)	27.6 (62/225)	6.2 (14/225)	6.2 (14/225)	1.3 (3/225)

備考：1) この区分中のコンクリートの収縮には、表-2.1の区分の内、すりへり等の風化・老朽化・凍結融解による損傷は含まれない。

2) すりへり等の風化・老朽化・凍結融解による損傷は、すりへり劣化としてまとめた。

護岸の大部分が海岸線から500m以内にあるので、海岸から離れている場合も合わせて整理した。

その結果、大部分の護岸が海岸の近くにあり、かつ損傷率もかなり高かったにもかかわらず、塩害と思われる損傷は発生していない。

表のり工では、かぶり不足等、コンクリートの収縮劣化、荷重・基礎条件、すりへり劣化などの原因による損傷が多く、各々10~15%程度の損傷率であった。

波返し工では、かぶり不足等、コンクリートの収縮劣化が主な損傷原因で、各々20%を超えている。

護岸類に塩害が発生していない理由としては、次のようなことが考えられる。

海岸の護岸は、海水や潮風に対して十分耐久的なものでなければならず、設計上でもその点を配慮している。すなわち、十分なかぶり(鉄筋中心から10cm、純かぶりにして7.5cm程度)を有するように設計されているため、鉄筋の腐食が生じたり、コンクリートの剝離・剝落が生じているものは、施工誤差等によってコンクリートのかぶりが極く薄いもの

(1～2 cm以下)、あるいは豆板等によって鉄筋が最初から露出していたものに限られているようである。

かぶり不足等による鉄筋の腐食が表のり工に比べて波返し工に多いのは、表のり工は本来無筋コンクリートであるため鉄筋量がごく少ないのに対して、波返し工は鉄筋がかなり多く使用されており、かつ海側の面が曲面をなしているので、施工誤差により鉄筋のかぶりが薄くなりやすいためと考えられる。

コンクリートの収縮劣化によるひびわれが波返し工に多いのは、高さの低い壁であるという形状の特徴から、施工時に構造上から表のり工に打断がれるため、表のり工の拘束によって温度応力によるひびわれが発生することが多いためと考えられる。

さらに護岸は盛土上の構造物であるので、盛土の沈下、波浪による洗掘などによって不等沈下が生じやすく、それによるひびわれが発生しやすいという設置環境上の特殊性も有している。

2) まとめ

護岸の損傷原因の調査結果をまとめると次のようになる。

- (a) 護岸には、かぶり不足等からくる比較的規模の小さい鉄筋の腐食や、コンクリートの収縮劣化によるひびわれ、不等沈下によるひびわれなどがかなり高い率で発生しているが、計画通りのかぶりが確保された構造物の鉄筋が腐食する、いわゆる塩害は今回の調査範囲では発生していない。
- (b) 護岸に塩害の発生していない理由は、設計上で十分なかぶりがとられていること、および鉄筋量が比較的少ないことなどが考えられる。

3. コアによるコンクリート構造物の調査

3. 1. 調査目的

鉄筋コンクリート構造物の損傷状況を調査するため、前章(2)に示したアンケート調査に引き続いて、次のような目的で実構造物からコアを採取して各種の調査を行った。

- (a) 鉄筋コンクリート構造物に関するアンケート調査では使用細骨材の種類が海砂かどうか不明であるものが非常に多かったので、コアにより細骨材が海砂かどうかを確認するとともに、海砂が使用されている割合を把握する。
- (b) コア中の塩化物量を測定し、海砂を使用したコンクリートおよび海砂以外の砂を使用したコンクリート中の塩化物の量の実態を知る。
- (c) 細骨材用海砂の塩化物量規制の始まった昭和50年度以降とそれ以前とで海砂使用コンクリート中の塩化物量が異なっているかどうかを知る。

3. 2. 調査方法

1) 調査の対象

コアを採取する構造物は、アンケートで集まった構造物の中から海砂使用割合の高い近畿以西にある橋梁(横桁および橋台)、水門で施工後外部からの塩分の影響を受ける可能性の少ない海岸線から500mを超える内陸側の構造物を選んで損傷の有無毎にランダム・サンプリングで選定した。また、アンケート対象外の51年度以降竣工の構造物についても、海岸線から500mを超えた内陸側にある構造物の中から海砂を使用した可能性の高いものを選定した。その内訳を、表-3. 1に示す。

表-3. 1 調査依頼数

竣工年	構造部位			計	
	細骨材	横桁	橋台		水門
50年度以前		17	41	12	70
	不 明	17	35	10	62
	海 砂	0	3	2	5
	海砂混合	0	3	0	3
51年度以降		8	8	4	20
合 計		25	49	16	90

2) 調査項目

採取したコアについて実施した調査項目およびその内容は、次のとおりである。

- ① コアの表面観察……………コアの表面における貝殻(貝殻破片)の存在の有無を調査(海砂使用の有無の判定)

- ② コンクリートの塩化物含有量……………表面部(表面から約2 cmの間)、内部(コアの最深部約2 cmの間)の塩化物の量を測定(外部からの浸透塩分かどうかとも判別)
- ③ 鉄筋腐食状況……………かぶり厚さと鉄筋腐食度を調査(コア中に存在したもののみ)
- ④ コンクリートの品質調査……………表乾比重、吸水率、引張強度、中性化深さ(コンクリートの品質の確認)

3.3. 調査結果

1) 調査数

採取されたコアの数ならびに、調査分析が終了したコアの数を表-3.2に示す。

表-3.2 コアの採取数および分析終了数

地方 コアの分析状況 竣工年	近 畿		中 国		四 国		九 州		計	
	採取	分析	採取	分析	採取	分析	採取	分析	採取	分析
50年度以前	31	30	6	6	4	4	27	27	68	67
51年度以降	4	1	5	5	5	3	1	0	15	9
計	35	31	11	11	9	7	28	27	83	76

2) 海砂の使用割合

使用した細骨材が海砂かどうか不明である構造物について、海砂かどうかを調査した。その結果を表-3.3に示す。なお、ここでは、細骨材として海砂が使用されているかどうか判断する方法として、コアの表面観察において貝殻およびその破片が存在するかどうか確認する方法を用いた。

表-3.3 使用細骨材調査結果

損傷の有無 細骨材 構造物	損 傷 有				損 傷 無			
	海砂	その他	計	海砂率	海砂	その他	計	海砂率
横 桁	1	4	5	20%	2	9	11	18%
橋 台	7	13	20	35	4	10	14	29
水 門	0	1	1	0	1	7	8	13

この結果、細骨材の種類が不明であった構造物の中で海砂を使用していた割合は、損傷の有無にかかわらず、横桁で約2割、橋台で約3割であることがわかった。

3) コア中の塩化物量

塩化物量の測定はコアの表面部約2cmの区間およびコアの最深部約2cmの区間のコンクリートについて行った(以下それぞれを表面部および内部という)。なお内部の塩化物量測定深さは平均で約8cmであった。

測定方法は硬化コンクリート中に含まれる塩分量の分析方法(案)(J C I 基準案)全塩分定量方法8. 2塩素イオン選択性電極を用いた電位差滴定法に準拠した。塩分量の単位はコンクリート重量に対するNaCl換算重量の割合(%)とした(これにコンクリートの単位体積重量をかけ合わせて100で割れば、単位体積あたりの塩分量が求められる)。

分析結果を表-3. 4および図-3. 1、図-3. 2に示す。

表-3. 4 表面部の塩化物量と内部の塩化物量との関係

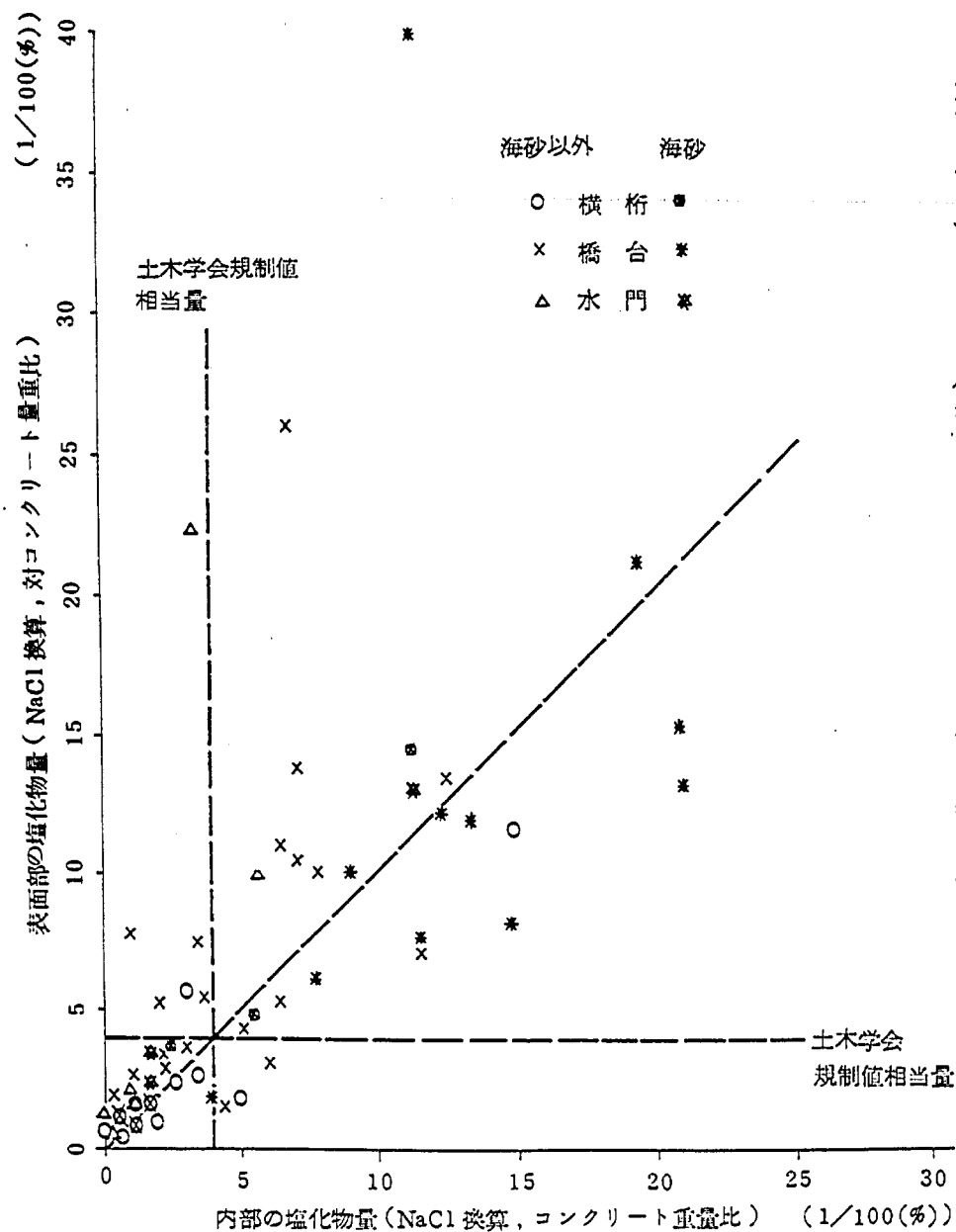
内部 表面部	0≤ ≤0.02	≤0.04	≤0.06	≤0.08	≤0.10	≤0.15	≤0.20	0.20<	計
0≤0.02	23 1	1	2						26 1
≤0.04	5 1	5	1					1	12 1
≤0.06	1	2	2	1					6 0
≤0.08	1	1		1	1	1			4 1
≤0.10			1		1	1		1	2 2
≤0.15				4	1	6 2		1	12 2
≤0.20						1	1	1	1 2
≤0.25		1						1	2 0
≤0.30				1					1 0
0.30<						1			1 0
計	30 2	10 0	6 0	7 0	1 2	8 4	1 0	4 1	67 9

* 欄内の数字：左竣工50年以前、右竣工51年以降を示す。(塩化物量；NaCl換算、コンクリート重量に対する割合(%))

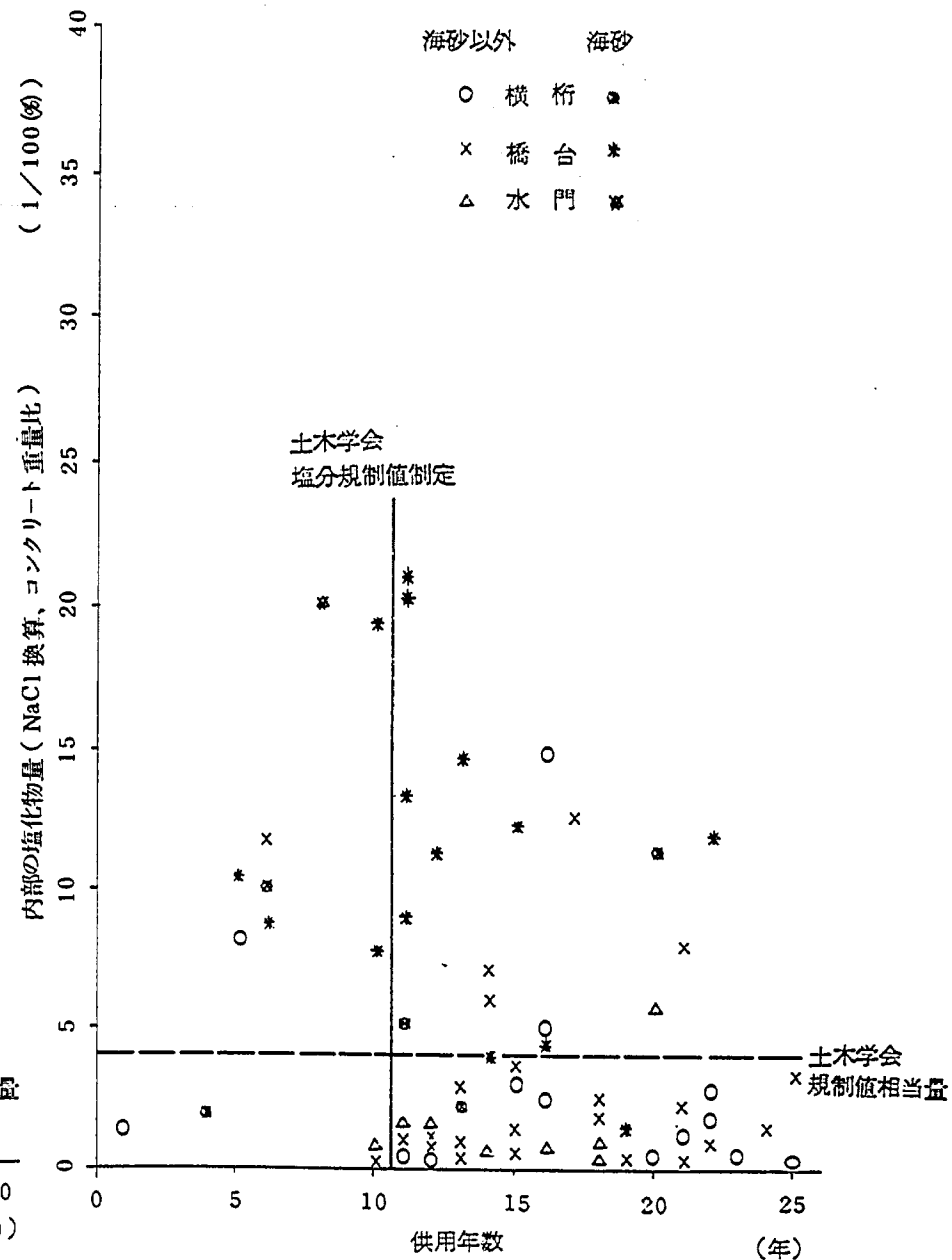
図-3. 1の3つのデータを除いて表面部と内部との塩化物量にあまり差がなく、これらの塩化物が硬化後外部より浸透したものでなく最初から材料中に含まれていたものと考えられる。図-3. 2から水門のコンクリートには塩化物量の多いものがほとんどないことがわかる。

図-3. 2より調査した範囲においては、細骨材に海砂を用いた(貝殻の有無による判定)構造物の大部分(82%)が、Cl⁻イオン換算で0.60(kg/m³) [=NaCl換算1.0(kg/m³)、0.040(%/コンクリート重量)]以上の塩化物を含んでいることがわかる。

表-3. 4から昭和51年以降竣工の構造物中の塩化物量をみると、内部の塩化物量は9個中7個が海砂の0.1%以上に相当する塩化物を含んでいる。したがって、昭和49年に土木学会が初めて一般RC構造物に対して、細骨材として用いる海砂について塩化物の量を規定した以降も、規制があまり守られていなかったことがうかがえる。



図一 3. 1 表面部の塩化物量と内部の塩化物量との関係



図一 3. 2 内部の塩化物量と供用年数との関係

4) 表面観察および鉄筋腐食度観察の結果

コア採取した構造物は、コアの表面観察および付属写真の検討の限りでは、かなり多量の塩化物を含んだものも、外観的には鉄筋腐食に帰因すると思われる損傷は生じていなかった。

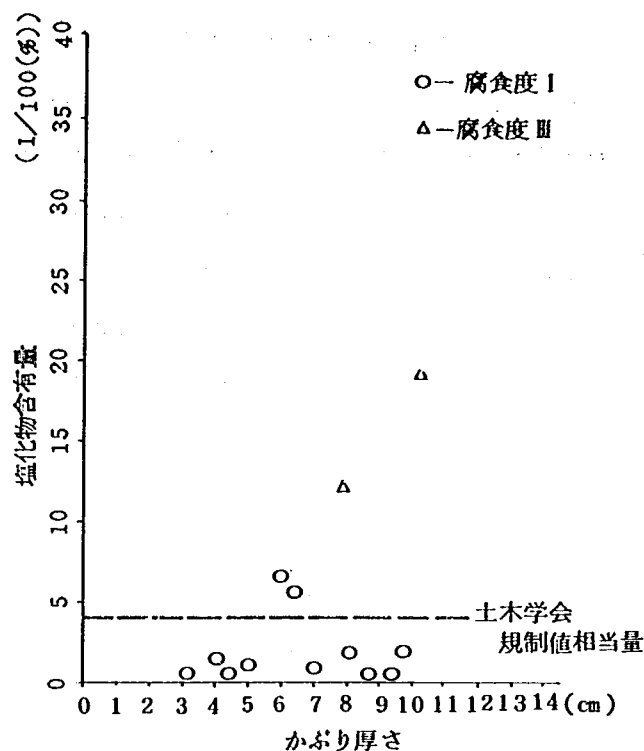
採取したコアの内、何本かは中に鉄筋を含んでいた。これらの鉄筋の腐食度と内部の塩化物量との関係を調べた結果、塩化物量がNaCl換算で0.1(%/コンクリート重量)以上のものが2本あったが、これらはいずれも鉄筋全面が薄く錆ていた。ただし断面欠損は生じていなかった。

表-3.5に鉄筋のかぶりと腐食度判定値を、図-3.3に鉄筋のかぶりおよび腐食度と内部の塩化物量との関係を示す。点錆程度の腐食は塩化物がほとんど含まれて無くとも発生しており、また塩化物が非常に多いと、かぶりが非常に大きくとも全面的な錆が生じていることが分かる。

表-3.5 鉄筋腐食度調査結果

供試体No	かぶり長さ (cm)	腐食度	表面部の 塩化物量 (%)	内部の 塩化物量 (%)	測定深さ	備 考
KK-8①	8.1	Ⅱ	0.052	0.020	9	
KK-8②	9.6	Ⅱ	0.052	0.020	9	
KK-10	7.0	Ⅱ	0.010	0.008	10	
KK-13	6.3	Ⅱ	0.032	0.060	8	
KK-14	5.0	Ⅱ	0.006	0.010	10	
KK-22	9.3	Ⅱ	0.022	0.004	10	
QK-9	7.8	Ⅲ	0.123	0.123	10	(具殻)
QK-14	10.1	Ⅲ	0.213	0.194	8	(具殻)
QY-1	3.6	Ⅱ	0.003	0.004	6	
KS-4	3.2	Ⅱ	0.010	0.001	7	
KS-7①	4.4	Ⅱ	0.004	0.003	6	
KS-7②	4.4	Ⅱ	0.004	0.003	6	
CK-1	4.1	Ⅱ	0.024	0.014	6	
CK-3	5.9	Ⅱ	0.053	0.064	3	海砂混合

腐 食 度	I	腐食なしまたは黒皮
	Ⅱ	点錆程度
	Ⅲ	全面的な腐食(断面欠損は認められない)
	Ⅳ	断面欠損を生じている



図一 3. 3 塩化物量と腐食度

5) 強度特性

コンクリートコアの割裂引張試験の結果は、50年以前竣工の構造物で使用細骨材の種類が不明であるコンクリートの最小値で 16.5 kgf/cm^2 (横桁)、 16.4 kgf/cm^2 (橋台)、 17.9 kgf/cm^2 (水門)であった。この結果から、それぞれの構造物のコンクリートの圧縮強度は 180 kgf/cm^2 程度有していると推定され、調査した構造物のコンクリートは一般的な強度を有しており、健全であると推定された。

6) その他

昭和50年以前に竣工した各構造物におけるコンクリートの中性化深さと竣工後の経過年数の関係を図一 3. 4 に示す。この図によると中性化深さが竣工後の経過年数と相関をなしているとは云えない。これは、経年により中性化深さは増加するが、それ以上にコンクリートの品質などの要因による影響を受けていることを示しているものと思われる。また海砂の使用が、中性化深さに及ぼす影響について検討するため、各構造物種別ごとに使用細骨材の種別と中性化深さとの関係を調査した(表一 3. 6)。この結果から、海砂の使用は中性化の進行に特に影響を与えないことが推定される。

表-3.6 使用細骨材の種類と平均中性化深さ

細骨材の種類 構造物	海 砂		そ の 他		計	
	中性化深さ	個数	中性化深さ	個数	中性化深さ	個数
横 桁	12.0	3	17.5	11	16.3	14
橋 台	15.7	12	12.9	20	13.9	32
水 門	10.4	1	12.7	3	12.2	4
全 体	14.7	16	14.4	34	14.5	50

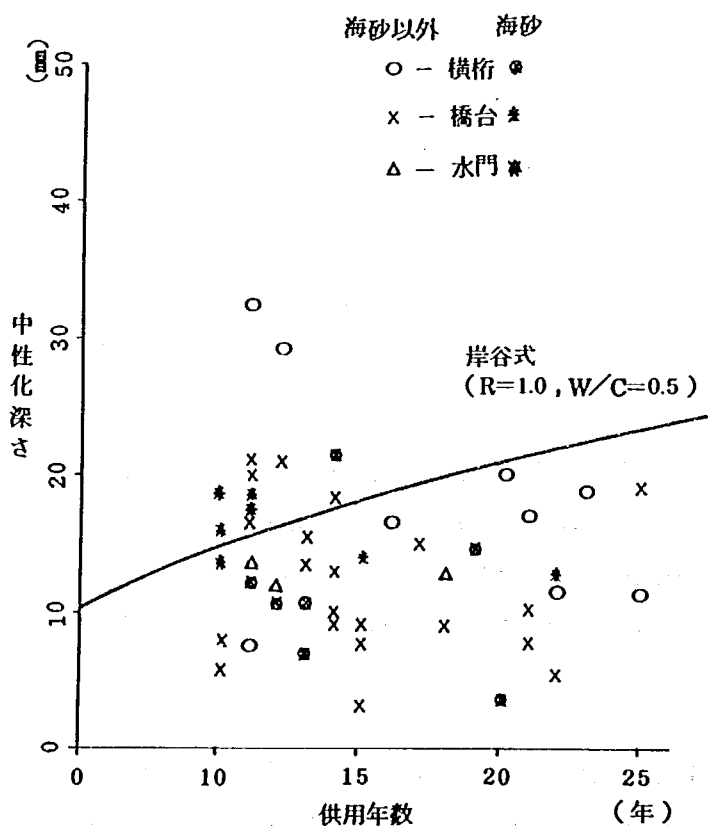


図-3.4 中性深さと供用年数との関係

3.4 まとめ

以上の調査の結果をまとめると次のようになる。

- (a) 使用細骨材が海砂であるかどうかの判断をコンクリートコアの表面の貝殻の有無によって行った結果、67個中16個が海砂を使用していることが確認された。
- (b) 使用細骨材の種類が不明な構造物の中で、海砂を使用していた割合は、塩害のあるなしにかかわらず、横桁で約2割、橋台で約3割であることがわかった。
- (c) コンクリート構造物中の塩化物量では、総量でC 1-イオン 0.60kg/m^3 〔 $\rightarrow\text{NaCl}$ 換算 1.0kg/m^3 、 $0.04(\%/ \text{コンクリート重量})$ 〕を上回るものが、59個中22個であった。

特に、海砂を使用したコンクリートの塩化物量はほとんど 0.60 kg/m^3 を上回っていた。

- (d) コアの中にあった鉄筋の腐食度を調査した範囲では、塩化物がほとんど含まれて無くとも鉄筋には点錆程度の腐食が発生していた。また、塩化物量が非常に多いと、かぶりが大きくとも鉄筋には全面的な錆が生じていた。
- (e) 土木学会のRC示方書で海砂中の塩化物量に対して規定が設定された49年度以降に建設された構造物の中にも、使用した海砂からと思われる塩化物量が規定値以上のものがあつた。
- (f) 海砂の使用はコンクリートの中性化の進行に特に影響をあたえないと推定された。

＊) 海砂の塩化物量(NaCl換算)を $0.1(\%/砂重量)$ 、水の塩化物量を 200 ppm(Cl換算) 、セメントの塩化物量を 100 ppm 、混和剤中の塩化物量をほとんど0としたときに入る塩化物量。

以下、このフローの具体的検討内容を、段階ごとに示す。

- ① 検討の対象とする範囲の選定→海砂とそれ以外の細骨材の差を比較しやすくするため、調査の対象を、近畿・中国・四国・九州の4地区とした。またその中で、コンクリートの硬化後に塩化物の浸入しやすい海岸線から500m以内の構造物については、対象から外した。
- ② 調査構造物の選定→正しく判断するためには、調査範囲のすべての構造物を調査するのが望ましいが、時間的・経済的理由からそこまで調査することは困難と考えられた。そこで今回は、損傷の有無ごとに同程度の信頼度で母集団の中の海砂の使用状況を推定することができるように調査数を選定し、この数だけアンケート調査された構造物で使用する細骨材の種類の不明な構造物の中からランダム・サンプリングにより抽出した。
- ③ 海砂使用数の推定→調査された構造物の中で損傷の有無毎の海砂使用割合を用いて、調査対象範囲(近畿以西4地区、海岸線から500mを超えるもの)の使用細骨材の種類が不明な構造物における損傷の有無毎の海砂使用構造物の数を推定した。
- ④ 使用細骨材の種類毎の損傷発生割合の算定→③で求めた構造物の数を、アンケート調査の結果すでに明らかになっている細骨材の種類毎に対する損傷の有無を示す構造物数に加え、調査範囲全体における細骨材の種類毎の損傷発生割合を算定する。
- ⑤ 有意差の検定→海砂の使用と損傷の発生との関係を、帰無仮説：“海砂の使用と損傷の発生割合の間には関係はない”をたて、それに対し χ^2 検定で、仮説が成立するかどうかの検定を行った。

4.3 有意差の検定結果

1) コア調査結果に基づく推定細骨材種別構造物数

前回のアンケート調査において使用細骨材の種類がわからなかった構造物のうち、近畿以西で海岸線から500mを超える内陸側のものについて、表-3.3に示す割合で使用する細骨材を海砂およびその他に分類した結果を表-4.2に示す。

表-4.2 推定細骨材別構造物数

部位	損傷の有無 細骨材の種類	損傷有り			損傷無し			計		
		修正前	分配	修正後	修正前	分配	修正後	修正前	分配	修正後
橋	海砂混合	0(0.0)	1	1 (0.03)	4	26	30	4	27	31
	不明	5(0.03)			147			152		
	川砂山砂	2(0.03)	4	6 (0.03)	67	121	188	69	125	194
橋台	海砂混合	5(0.25)	25	30 (0.23)	15	84	99	20	109	129
	不明	70(0.19)			290			360		
	川砂山砂	36(0.19)	45	81 (0.18)	154	206	360	190	251	441
水門	海砂混合	3(0.09)	0	3 (0.07)	32	7	39	35	7	42
	不明	2(0.04)			53			55		
	川砂山砂	0(0.0)	2	2 (0.03)	16	46	62	16	48	64

()内→損傷割合=損傷有り/計

2) 推定した細骨材の種類毎の損傷発生割合の有意差検定結果

1) に示す推定結果に基づいて使用細骨材の種類毎の損傷の発生割合および海砂の使用が損傷の発生割合と関係ないという帰無仮説をたてて χ^2 検定を行った時の χ^2 値を表-4.3に示す。この結果 χ^2 値は3.841以下であるので、仮説が5%以上の割合で肯定され、やはり関係があるとはいえないことがわかった。

表-4.3 推定細骨材別損傷発生割合の有意差検定結果

細骨材		海砂・混合		川砂・山砂		χ^2 検定値
損 傷		有	無	有	無	
構 造 物	横 桁	1 (0.03)	30	6 (0.03)	188	0.268
	橋 台	30 (0.23)	99	81 (0.18)	360	1.321
	水 門	3 (0.07)	39	2 (0.03)	62	0.236
	計	34 (0.17)	168	89 (0.13)	610	2.234

() 内: 損傷率

cf; $\chi^2(0.01) = 6.635, \chi^2(0.05) = 3.841$

4. 4 総合的な結論

- (a) 昭和57年度に行われた海岸線から500m以内の道路橋(920橋)の塩害調査においては、橋梁に生じている損傷は海からの波飛沫、飛来塩分の影響であるという結論が得られている。
- (b) 昭和59年度に行った各種のコンクリート構造物の実態調査においては、海岸線から500mを超えた内陸部における構造物においても、各種の原因による損傷は発生しているが、塩害が直接の原因と考えられる損傷は発生していなかった。また海岸近くの構造物に関しては、海からの影響による塩害と思われる損傷が、橋梁(特に上部工)に主として発生しており、水門および護岸では見られなかった。
- (c) 竣工後外部からの塩分の侵入等がないと考えられる内陸部の構造物から採取したコンクリートコアの中には、塩化物量が、コアの表面部・内部ともにNaCl換算重量1.0 kg/m³(0.04%コンクリート重量)を大きく超えるものもあり、昭和51年以降に造られた構造物にも、土木学会が昭和49年に設定した海砂中の塩化物量に対する規制値を超える塩化物を含むものがあった。
- (d) 初期に混入される塩化物含有量が多いコンクリートの中では、鉄筋が錆たものもあったが、それによりコンクリート構造物が外観的に特に劣化しているとは思われなかった。
- (e) 海砂の使用がコンクリートの中性化速度に何らかの影響をあたえるというデータは得られなかった。
- (f) 塩害およびそれ以外の損傷を含めた全損傷の発生割合と海砂の使用との間においては、明確な関係があるという結果は得られなかった。

5. 塩化物総量規制の必要性

5.1 構造物の実態調査からみた規制値の必要性

2章の実態調査で述べたように昭和57年～58年に行われた海岸線から500m以内のコンクリート橋920橋についての調査では、発生している道路橋の塩害は、塩害の発生地域や構造物内部の塩化物の分布や量から主として海水や海塩粒子による外部からの塩化物が原因となっているものと推測されている。また、昭和59年度に行った道路橋以外の構造物や内陸部の構造物も含めた主要な2275件の鉄筋コンクリート構造物に対する調査から、海岸線から500mを超える内陸部の構造物においては塩害は殆ど発生していないことや、塩害以外の原因による損傷も含めた全損傷の発生と海砂の使用との間にも必ずしも明確な関係がないことが認められた。

しかしながら、採取したコア中に含まれていた鉄筋の観察により、塩化物含有量の少ない場合では点錆程度しか発生していなかったが、塩化物量が現行規制値(細骨材としての海砂に対する規制値)に比べて多い場合には、かぶりが十分確保されていても鉄筋の錆びている面積が大きくなっている(図-5.1)など、コンクリート中に塩化物が多量に含まれていれば構造物の劣化が生じ易いことが示唆された。現在、海砂が使用され始めてからすでに約20年以上経過しているが、これらの結果を考えると海砂の使用の有無による外観的な構造物の損傷率に必ずしも明確な関係は見られないものの、塩化物の規制を行わない、あるいは現行の規制値を大幅に緩和するなどの措置を行うには時期尚早であり、コンクリート構造物の長期的な耐久性を確保するには適切な塩化物量規制値を設ける必要があると考えられる。

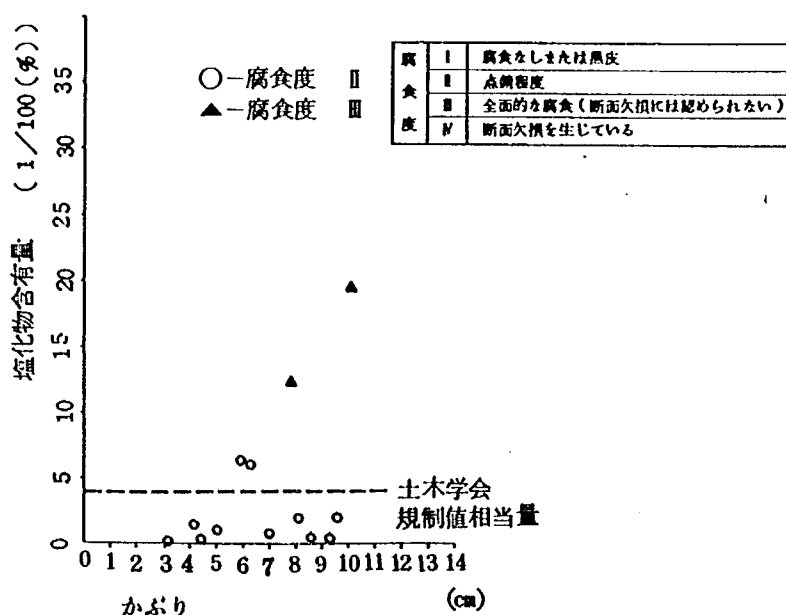


図-5.1 塩化物量と鉄筋の腐食度との関係(コア調査)

従来、塩化物量は一般に海砂に含まれる値として規制されていたが、構造物から採取されたコア中の塩化物量を測定すると海砂を使用しなかったと思われるものにも塩化物が含まれていたり、海砂の使用による量としては過大な量の塩化物を含むものが認められた。したがって、海砂以外の材料に含まれる塩化物を含めてコンクリート中の塩化物総量で規制値を定めるのが適切であると考えられる。

5. 2 暴露試験調査の結果からみた規制値の必要性

2-1 建設省土木研究所での実験結果

建設省土木研究所においては表-5.1に示すように昭和47年度より鉄筋コンクリートの腐食および防食に関する系統的な試験・調査が実施されている。その調査の一環として、コンクリート打設時における塩化物量と鉄筋の発錆に関する調査が行われており、鉄筋コンクリート供試体100本を7年間(昭和53年~昭和60年)暴露した結果を図-5.2に示す。これにより水セメント比(W/C)の増加およびコンクリート中のCl⁻重量の増加は鉄筋の腐食面積率の増加につながっていることがわかる。

表-5.1 土木研究所でのコンクリート中の塩分許容値に関する調査

実験項目	実施年度	内容	結果
1. 発錆限界量に関する実験(1)	47~49	耐塩実験によって発錆限界量や腐食速度を求めた。	1. NaCl重量が海砂の0.04多相当で発錆する。 (pH値によってはこれ以下でも発錆する。) 2. NaCl重量が海砂の0.06~0.08多で腐食進行する。 (酸素濃度によって腐食速度が異なる) 結果は図-III-2-1に示す。
2. 発錆限界量に関する実験(2)	44~60	鉄筋コンクリート供試体を製作して暴露した。	その1. 解体調査 100本 (昭和60年解体 7年間暴露) その2. 解体調査 10本 (昭和59年解体 16年間暴露)

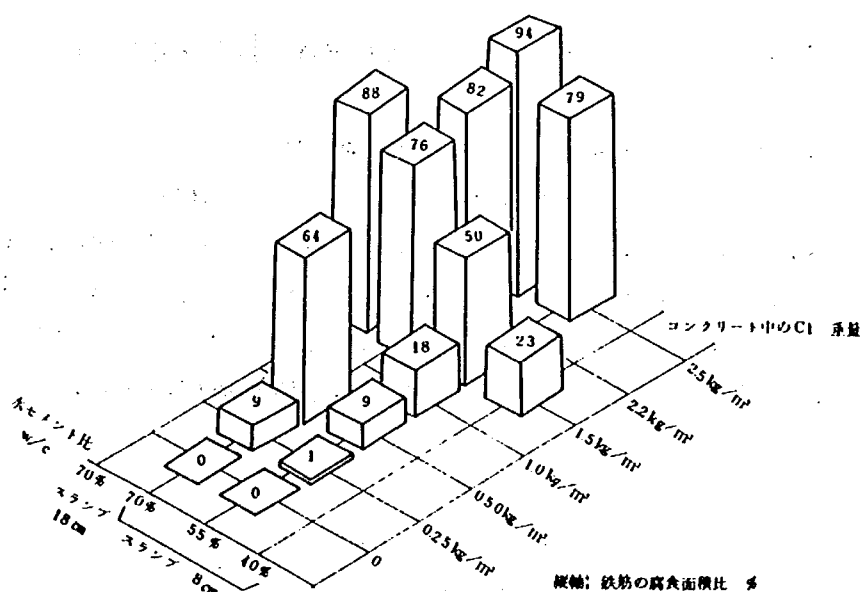


図-5.2 発錆限界量に関する実験(2)の実験結果 ※1)

土木用コンクリートで使用される頻度の高い水セメント比(W/C)55%程度のコンクリートにおいては、 Cl^- 重量 $0.25\text{kg}/\text{m}^3$ のときは腐食面積率は1%とごく小さいが、塩分量 $0.50\text{kg}/\text{m}^3$ になると9%、 $1.0\text{kg}/\text{m}^3$ になると18%となっている。

一方、水セメント比(W/C)70%のコンクリートでは塩分量が $0.25\text{kg}/\text{m}^3$ のときでも9%の発錆があった。したがって水セメント比(W/C)70%のコンクリートにおける鉄筋発錆の塩化物量限界値は(以下発錆限界値と記す)はおおよそ $0.25\text{kg}/\text{m}^3$ であり、水セメント比(W/C)55%における発錆限界値は $0.5\text{kg}/\text{m}^3$ 程度であると見做すことができる。

その他の試験結果からも同様に、コンクリート中における発錆限界値はおおよそ $0.2\sim 0.5\text{kg}/\text{m}^3$ の範囲にあった。

また、発錆限界値を超えた Cl^- 量を含有するコンクリート中の鉄筋の腐食面積率は、水セメント比(W/C)70%のコンクリートでは $0.50\text{kg}/\text{m}^3$ で、水セメント比(W/C)55%のコンクリートでは $1.0\text{kg}/\text{m}^3$ となると、急激に高くなっている。

16年間屋外に暴露した鉄筋コンクリート供試体〔水セメント比(W/C)51%〕では、 Cl^- 量 $0.25\text{kg}/\text{m}^3$ の場合、かぶり $1\sim 4\text{cm}$ とも鉄筋腐食は全く認められなかった。また、 Cl^- 量 $3.3\text{kg}/\text{m}^3$ でも、かぶり $1\sim 4\text{cm}$ とも直径 $5\sim 1\text{mm}$ 程度の赤錆が数箇所発生していたが、鉄筋の強度に影響を与えるような錆は発生していなかった。¹⁾

2-2 国内でのその他の実験結果

最初から塩化物を含有したコンクリートの含有塩化物量と鉄筋の発錆との関係について、鉄筋コンクリート供試体を用いた屋外暴露試験により検討した実験で既に発表されている国内文献の主なものは下記の通りである。

- (1) 「コンクリート構造物の塩害に関する資料」 日本道路公団(1984)
- (2) 「鉄筋コンクリート構造物の耐久性に関する研究」 建設省建築研究所報告No.90 (1980)
- (3) 「海砂の塩分含有量とコンクリート中の鉄筋の発錆に関する研究」(社)セメント協会 (1981)
- (4) 渡辺 明 他(九工大)、材料別冊、34、376、26(1985)

表-5.3に、これら4つの文献の概要を示した。いずれの文献においても打設時の塩化物量の多少が発錆に大きく影響している点で共通しており、打設時の塩化物量に許容限界を定める必要があることを示唆している。文献(1)、(2)、(3)によると、発錆限界値は砂に対するNaCl重量比でおおよそ0.10%付近(Cl^- 重量 $0.5\text{kg}/\text{m}^3$)にあるとしている。ただし、文献(4)は0.20%(Cl^- 重量 $1.0\text{kg}/\text{m}^3$)でも鉄筋腐食の増加は認められないとしている。¹⁾

1) 総合技術開発プロジェクト昭和60年度研究開発概要報告書〔コンクリート耐久性向上技術の開発〕, 1.1.5暴露試験調査, 建設省土木研究所化学研究室

表-5.3

文献番号	試 験 条 件	調 査 の 概 要	調 査 の 結 論	上記を定める必要性
(1)	砂に対するNaCl重量 0.00, 0.01, 0.03, 0.05, 0.075, 0.1, 0.3, 0.5 %	日本道路公団における調査。 鉄筋コンクリートに対する塩化物の影響について試験所内外の成果、実態をまとめたものである	・ 0.075 以下では塩分量に関係ない位発錆率は低い ・ 0.1 以下をこえると多くなる ・ 0.3 以下になると急激に増える以上から ・ 土木学会等の 0.1 以下は発錆限界を示している ・ 公団規格の 0.05 以下は妥当であると立証できた	有り
(2)	砂に対するNaCl重量 0, 0.01, 0.04, 0.1, 0.3 %	建築研究所における調査 塩分量、W/C を変えた鉄筋コンクリート供試体を屋上に4年間暴露し腐食発生状況を調べた。 腐食を、進行性腐食 -D 非進行性腐食 -C とに区別している。	W/C 50 以下ではコンクリート中に塩分が存在しても進行性腐食は生じない。 著しい進行性の腐食は W/C 60 以下、塩分量 0.1 以下で生じる。塩分がある程度入っていると W/C 40 以下でも鉄筋が腐食することがあるが、これは概ね進行性ではない。	有り
(3)	海砂中塩分量 0, 0.01, 0.05, 0.10, 0.20, 0.40 %	海砂中の塩分量とコンクリート中の鉄筋の発錆との関係調べを目的としている。 セメント協会と港湾技術研究所との共同研究。 材令 10~20 年までの予定で、これは 5 年目の報告	配合、環境条件によって発錆状況にかなりの差があるが、次のように解析している。 ・ 重量減少量からみると 0.05 以下では重量減少量はいずれも小さい。 0.10 以下では僅かに発錆が認められる。 0.20, 0.40 以下では、配合、環境による差があるが、発錆の大きいものもある。 ・ 発錆面積率からみると同じ傾向を認めている。 ・ 表面粗さからみると 0.10 以下では殆ど滑らか。 0.20 以下では環境条件により、W/C が小さくても荒れた物があり、配合により孔食も認められる。	有り
(4)	砂に対するNaCl重量 配合 期間 4 年間 環境 内陸、海岸部、海中の3条件	九州工業大学における調査。10 数年の暴露予定で、RC のほかに、PC についても検討している。	内陸の場合 (RC) ・ 0.3 以下で発錆面積率 8~9 以下に達するものもあった。 ・ 0.2 以下では錆の増加は認められず面積率は 2 以下。 (PC の場合) ・ PC 線の錆は 0.04 以下では少ない ・ 0.2 以下を越えると急増する。 以上から、発錆には打設時の塩分量の影響が大きい。	有り

図-1

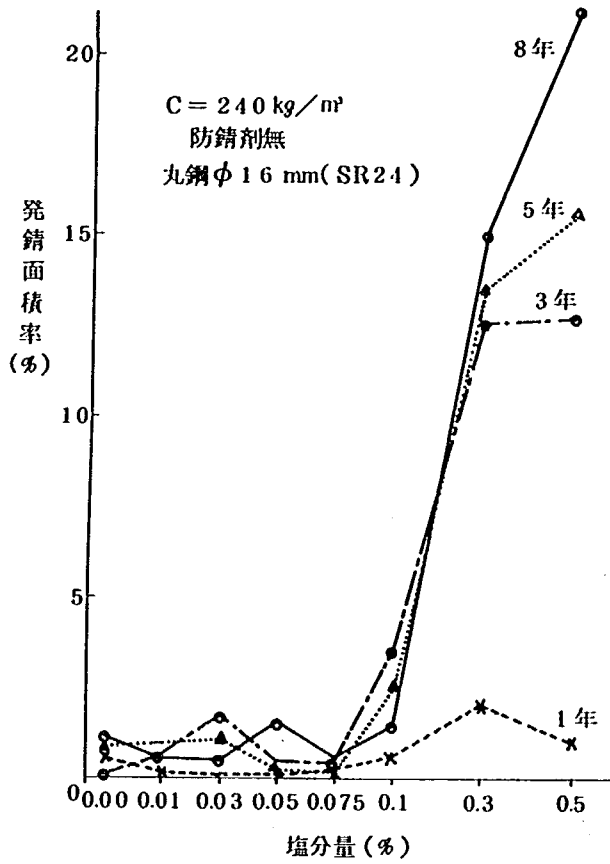


図-2

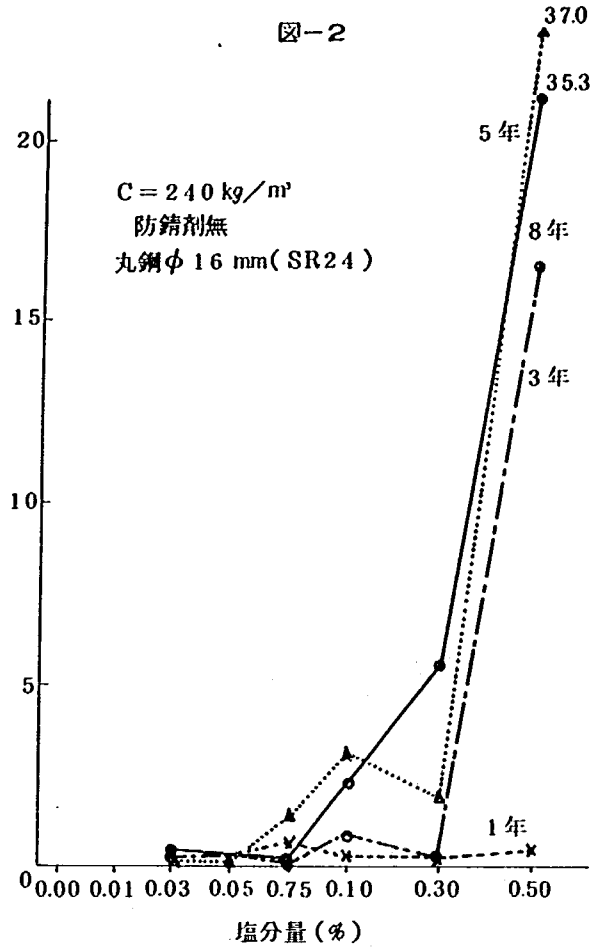


図-3

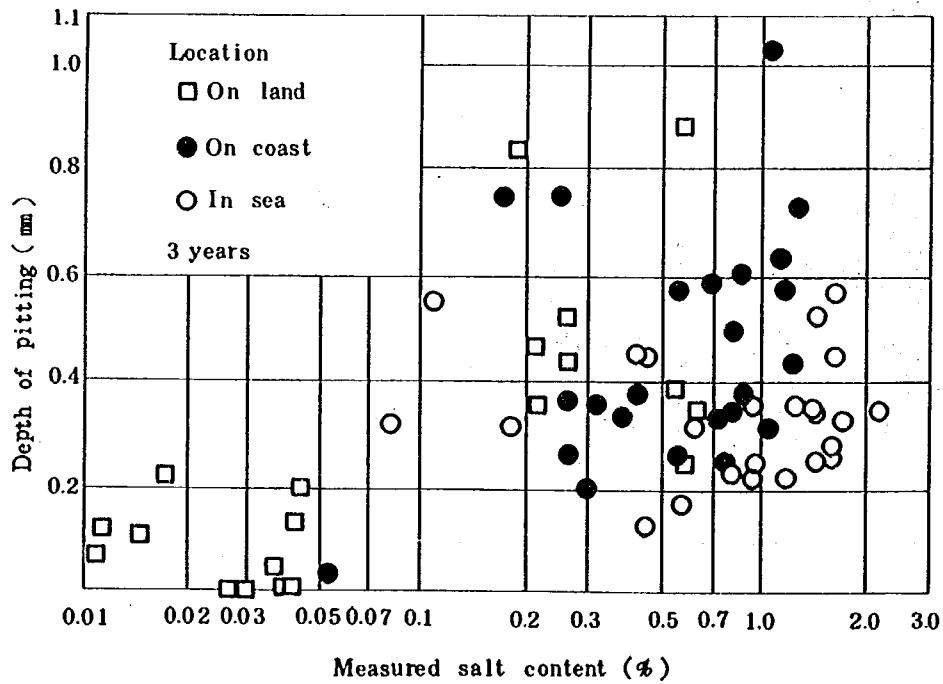


図-4

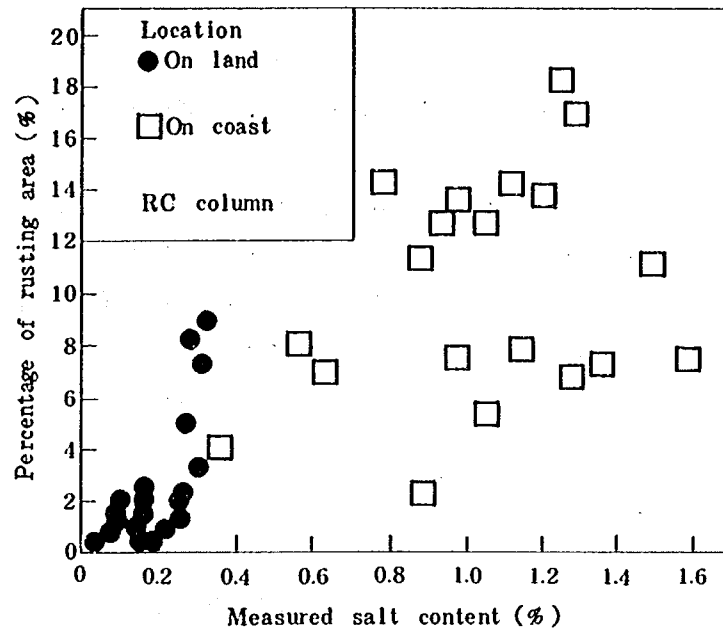


表-1

4 週圧縮強度 $(\frac{kg}{cm^2})$ $\swarrow$ $\searrow$ 混入塩分量 $(\frac{NaCl}{砂})(\%)$	(コンクリートの通気性の尺度)			
	450~500	400~450	300~350	250 程度
	4 0	5 0	6 0	7 0
0	腐食しない	腐食しない	G 型	G 型
0.0 1	G 型	G 型	G 型	G 型
0.0 4	G 型	G 型	G 型	G 型
0.1	G 型	G 型	D 型	D 型
0.3	G 型	G 型	D 型	D 型

5. 3 諸外国における規準および研究

3-1 諸外国の規準

諸外国における一般のコンクリート構造物に対する規準の中で、コンクリート用各材料に含まれる塩化物の量について規定を設けている規準名およびその内容を表Ⅲ-5. 4に示す。

一般の鉄筋コンクリート構造物の塩化物量の規制値は、古いものでは、Greater London CouncilがNaCl換算でセメント重量の0.32%以下としており、最近のものでは1985年にアメリカのACI 222R委員会報告が、セメント重量に対して0.20% (Cl^- 重量換算比) [単位セメント量 $300\text{kg}/\text{m}^3$ のコンクリートで $0.60\text{kg}/\text{m}^3$ (Cl^- 重量換算)] の値を提唱しているなど、塩化物の害に対する経験があり、比較的厳しい考え方を持っている国でも、ほぼ $0.60\text{kg}/\text{m}^3$ (Cl^- 重量換算) 程度以上に設定していることがわかる。

3-2 諸外国における研究

諸外国における塩化物の鉄筋コンクリートに及ぼす影響(特に鋼材腐食)についての調査・研究は、イギリスや西ドイツ等の一部の地域で比較的以前から進められていただけで、全世界的規模ではなかった。しかしながら昨年ACI年次総会で塩化物量規制値に関する討論会が開催されたり、コンクリート関連の雑誌で塩害に関して特集されたりするなど、世界的にも関心が持たれるようになってきた。

しかし、上記討論会でも塩化物量規制に関しては非常に様々な意見が出ており、規制値に関する合意は得られていないというのが現状のようである。

コンクリート中の塩化物量と鋼材の腐食との関係に着目して外国で行われた研究で塩化物量規制値を決めるにあたって参考となるものはあまり多くないが、その中で最近発表されている研究結果で注目すべきものに、次のようなものがある。

- 文献1) アメリカのACI 222R委員会報告によると、FHWA(連邦高速道路局)における研究では、セメント重量の0.2%程度の塩化物量で鉄筋腐食が始まるとしている。²⁾
文献2) また、これまで塩害と判定されている数多くの構造物は、実はかぶり不足等施工が十分でなかったことが主原因であったとしている(ACI 検論会)。³⁾

2) Corrosion of Metals in Concrete(ACI 222委員会報告)、ACI JOURNAL, Jan. Feb. 1985, Title no. 82-1

3) ACI forum: Influence of Chlorides in Reinforced Concrete. Concrete International Sep. 1985, Vol. 7, No. 9

表 5. 4 各国の塩化物含有量の規制

国 名	規 格	塩 化 物 含 有 量 の 規 制	単位体積重量(CI ⁻ 重量換算)
イギリス	BS CP110 (旧)	1) 海産骨材中の塩化物はセメント重量の1.0%(CaCl ₂ として)以下とする。 2) 混和剤としてCaCl ₂ を用いる場合、海産骨材からの塩化物との和が1.5%(CaCl ₂ として)以下とする。 3) アルミナセメントを用いる場合、プレストレストコンクリートの場合はセメント量の0.1%以下とする。	1.92(kg/m ³) 2.87
	BS 8110-85 Part 1	セメント重量に対して、全塩化物量は一般RC 0.4% 耐硫酸塩セメント使用 0.2% PC(高温養生RC) 0.1%	0.29 1.20 0.60
	Government of Environment Greater London Council	海産骨材の塩化物量はセメント量の0.5%(CaCl ₂ として)以下とする。	0.45(0.30) 0.96
		1) 海産骨材中の塩化物量は細骨材で0.10%、粗骨材で0.03%(いずれもNaCl)以下とする。 2) 1)の規定を満足しない場合でもNaCl全量がセメント重量の0.32%以下	(0.49) 0.58
フランス	DTU 21.4	1) 無筋モルタル・コンクリートおよびかぶり4 cmのRCに対しセメント重量の2%(CaCl ₂ として)	3.87
		2) かぶり厚さ2 cmのRCではセメント重量の1%(CaCl ₂ として) 3) RC用練り混ぜ水の塩化物は0.25g/l (CI ⁻)	1.94 (0.04)
西ドイツ	DIN 4226-83 (DIN 1164-78)	骨材中の塩化物はプレテンPC、PCグラウト(DIN4227)→0.02%(CI ⁻)以下 RC(DIN1045)ポステンPC(DIN4227)→0.04%(CI ⁻)以下 (セメント中の塩化物は、セメント重量の0.1%(CI ⁻))	0.61(0.16) 0.62(0.32) RC→0.30、PC→0.45
		単位セメント量300kg/m ³ のコンクリートに対し2%(CaCl ₂ として)以下	3.87
アメリカ	ACI 301-72 ACI 318-83	塩化カルシウム(CaCl ₂ ・2H ₂ Oとして)の混和はセメント重量の2%以下 1) PCはCI ⁻ 重量換算可溶性塩化物量がセメント重量の0.06%以下 2) RC 塩分影響下 (同上) 0.15%以下	2.92 0.27 0.45
		RC 一般環境下 (同上) 0.30%以下 RC 乾燥状態下 (同上) 1.00%以下	0.90 3.00
	ACI 222R-85 推奨値	1) PC CI ⁻ 硬化後酸抽出塩化物量がセメント重量の0.08%以下 2) RC (同上) 0.20%以下	0.36 0.60
日 本	建築学会 (旧 JASS 5) 改定案・86	細骨材(I級)に対し0.04%以下(NaClとして) " (II、III級) 0.10%以下(") コンクリートに含まれる塩化物量は、塩素イオン量として300g/m ³ 以下。 やむを得ずこれを超える場合は、鉄筋防錆上有効な対策を講じるものとし、その方法は特記による。ただし、この場合においても、塩化物量は塩素イオン量として600g/m ³ を超えてはならない。	0.19 0.49
			0.30 (0.60)
	土木学会 RC示方書 改定案・86 PC示方書	1) 一般のRC構造では海砂の絶対比重に対し0.1%(NaClとして)未満 一般のRC構造ではCI ⁻ 重量換算で0.60kg/m ³ を超えてはならない。	0.49 0.60
		1) プレテンション部材で主構造、環境条件の悪い箇所に用いるもの、またはポステンション部材のPCグラウトには砂の絶対重量に対し0.03% 2) その他の場合にはセメント重量の0.1%に相当する量以下で、構造物の重要度、環境条件によって適切に定める。	0.15 (0.25→グラウト) 0.29

CI⁻重量への換算には、単位セメント量RC→300(kg/m³) PC→450(kg/m³)
コンクリート単位重量 2300(kg/m³)、単位細骨材量800(kg/m³)を用いた。

5. 4 レデーミクストコンクリート中の塩化物含有量の実態

塩化物総量規制を実施するにあたり、昭和60年度建設省内各技術事務所、および北海道開発庁・沖縄総合事務局の協力を得て、レデーミクストコンクリート(以下、生コンと記す)中の塩化物含有量の実態についての調査を行った。調査はすべて、工事現場において試験紙型塩分量計を用いて抜き打ち的に実施した。塩化物含有量は、この塩素濃度測定結果と配合表における単位水量から計算した。予備試験の結果からあらかじめ作成しておいた換算表を用いて測定法固有の誤差を少なくなるように配慮した。この結果、次に示すような事項が明らかとなった。

- (a) この調査の範囲では、生コン中の塩化物含有量が $0.60\text{kg}/\text{m}^3$ (以下すべて Cl^- 重量換算)を超えるものはなく、ほとんどのものが $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ 以下であった(図-5. 3)。
- (b) 最も多くの塩化物を含んでいたのは中国地方における $0.49\text{kg}/\text{m}^3$ (2工事現場)であり、次いで九州地方における $0.45\text{kg}/\text{m}^3$ であった。また、海砂未使用地域(東北・関東・北陸・中部の各地方)では、北陸地方における $0.14\text{kg}/\text{m}^3$ が最大であった。
- (c) 調査した124工事現場のうち、塩化物を含むとされる混和剤は18工事現場(このうち促進型は2工事現場)で使用されていた。これら塩化物を含む混和剤を使用したコンクリート中の塩化物含有量は、平均 $0.70\text{kg}/\text{m}^3$ 、促進型を用いた例では細骨材として山砂を用いたにもかかわらず最大 $0.33\text{kg}/\text{m}^3$ の塩化物が含まれていた。
- (d) 海砂の使用割合は、海砂を単独で使用していたものは全体の15%(18/124)であったが、他の細骨材との混合使用したものを含めると約60%(73/124)に及び、使用形態としては混合使用が大半を占めていた。

海砂の塩化物量がNaCl換算で0.1%あればそれだけで $0.50\text{kg}/\text{m}^3$ 程度の Cl^- 量を含むことになるのに対して、測定結果で塩化物量 $0.30\text{kg}/\text{m}^3$ 程度以下のものが多かったのは山砂の混合により砂の平均塩化物含有量を0.04%程度に下げていること、塩化物を含まないタイプの混和剤の使用が多くなっていることなどから推して、コンクリート生産者の塩化物量を少なくすることに対する認識が高まっているものと考えられる。

これらの結果から、後述するように提案した規制値は、一般的には現状の設備および使用材料で容易に守ることができる値であり、混乱等を生じることなく規制を実施することが可能であると考えられる。

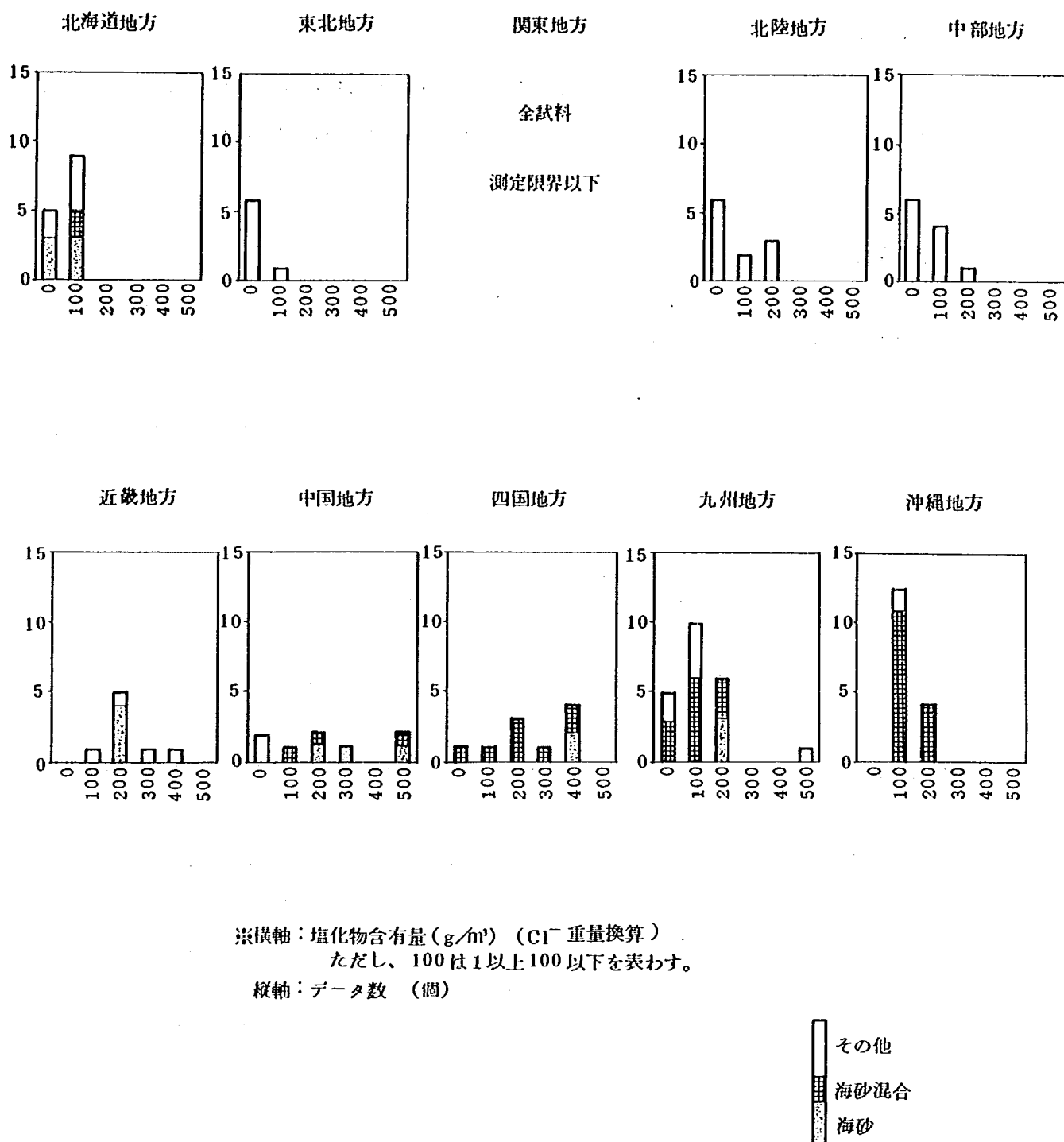


図-5.3 各地方ごとの塩化物含有量分布

6. 塩化物総量規制試行状況調査

6. 1 調査の目的

今回の調査は、通達として出された塩化物総量規制の遵守状況の把握ならびに、規制実施前に行った昨年度調査の結果と比較することにより塩化物量の動向、規制の塩化物量に及ぼした影響について調査する目的で行った。

6. 2 調査概要

今回の調査は、前回調査同様、各地方建設局の技術管理課・技術事務所ならびに北海道開発局土木試験所・沖縄総合事務局を通じ、各工事事務所の担当者に依頼して行った。調査は、あらかじめ土木研究所内で作成した調査票に、工事担当者が直接記入する方式によった。調査時期は、試行実施後の11月～12月に限定し行った。また、調査数は各地建10工事を目安として行った。調査結果の取りまとめは、調査票を土木研究所に集めて行った。

これまでに、取りまとめられた調査数を表-6. 1に示す。

表-6. 1 地方別の調査構造物数

地 方			北海道	東北	関東	北陸	中部	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
60年度調査数			14	7	15	11	11	8	8	10	22	33	139
61年度調査数			8	12	10	9	22	15	17	10	16	11	130
内 訳	0.60 (kg/m ³)	一般RC	8	10	8	8	19	11	15	5	13	11	108
		規制区分											
	0.30 (kg/m ³)	ボステン	0	1	1	0	2	2	2	3	1	0	12
		グラウト	0	1	1	1	1	2	0	1	2	0	9
内 訳	規制区分	プレテン	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1

この表からわかるように、合計 130工事についての調査が現在までに集められている。またこれ以外にも、PCグラウト中の塩化物量については、プレストレストコンクリート建設業協会により、全国40工事で調査が行われ、その結果についても既に集められている。

6. 3 塩化物量調査結果

今回これまでに集められた調査結果を集計すると、以下のようになる。

塩化物量の総平均は、今回の調査では $0.066(\text{kg}/\text{m}^3)$ であり、前回の $0.095(\text{kg}/\text{m}^3)$ と比較すると、小さくなっていることがわかった。

これを規制区分ごとに分けると、表-2から明かなように $0.60(\text{kg}/\text{m}^3)$ 規制となる一般RC構造部分の調査の平均は、 $0.062(\text{kg}/\text{m}^3)$ であり、また、調査数は少ないもののプレテンション部材・PCグラウトにおける調査平均は、 $0.110(\text{kg}/\text{m}^3)$ （10構造物）であった。

なお、PC建設業協会が実施したPCグラウト中の塩化物量に関する調査の結果では、塩化物量の平均値は、 $0.106(\text{kg}/\text{m}^3)$ であった。

表-6. 2 一般RC構造物用コンクリート中の地方別塩化物量（平均値および最大値）

地 方	平 均 値		最 大 値		参 考	
	61年度	60年度	61年度	60年度	PCグラウト	プレテン桁
北海道	0.069	0.046	0.139	0.068	—	—
東 北	0.049	0.022	0.084	0.022	0.089	—
関 東	0.025	※ —	0.070	※ —	0.250	—
北 陸	0.030	0.105	0.058	0.141	0.123	—
中 部	0.052	0.067	0.423	0.104	0.109	—
近 畿	0.045	0.159	0.157	0.330	0.11, 0.03	—
中 国	0.114	0.270	0.409	0.489	—	—
四 国	0.093	0.228	0.203	0.374	0.110	0.020
九 州	0.052	0.117	0.146	0.443	0.16, 0.09	—
沖 縄	0.075	0.071	0.178	0.122	—	—
全 国	0.065	0.095	0.423	0.489	—	—

※ 関東は前回測定限界以下のみ

また、各地方ごとの塩化物量の分布は、図－6．1に示す通りであり、P Cグラウト中の塩化物量は、図－6．2に示す結果となった。

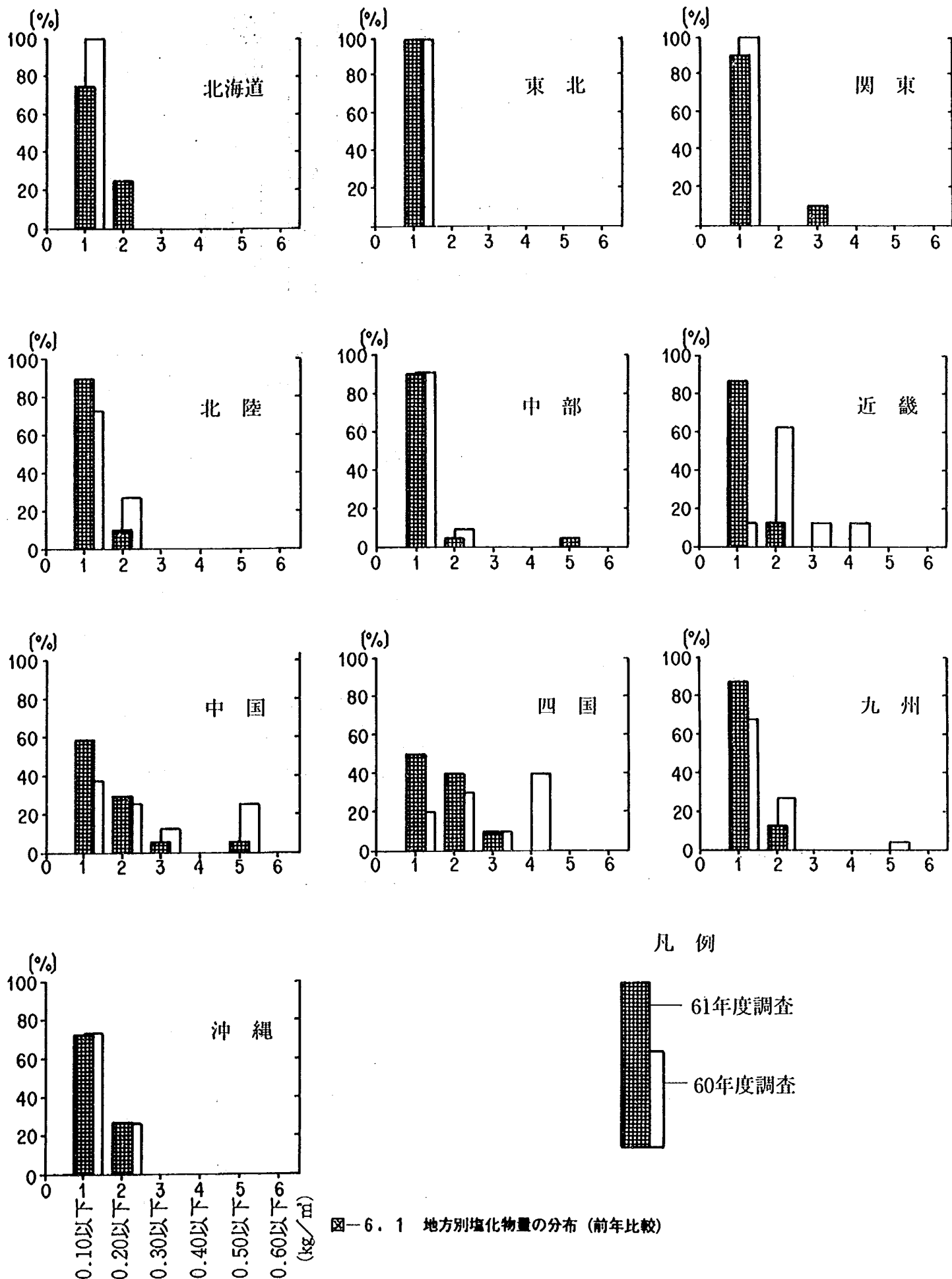


図-6.1 地方別塩化物量の分布 (前年比較)

表-6.2および図-6.1, 2 から次のようなことがわかった。

- ① コンクリート中の塩化物量は、各地方の平均値・最大値とも、ほぼ減少しており、全国的に減少傾向にあることが伺える。また特に、海砂使用地域である近畿・中国・四国・九州地方においては、平均値が半分以下に減少しており、その傾向が顕著であった。
- ② 今回新たに実施したPCグラウトに関する調査の結果、塩化物は関東における0.25 (kg/m³) を除くと、0.20 (kg/m³) 以下であった、平均的には建設省調べ、PC建設業協会調べの結果とも0.10 (kg/m³) 程度しか含まれていないことがわかった。

- ③ 今回調査した範囲で、最も多くの塩化物を含んでいたのは、海砂を使用していない中部における工事の0.423(kg/m³) であった。なお、この工事においては、混和剤として塩化物を含むとされている促進型A E減水剤を使用していた。これ以外では、中国における海砂使用工事の0.409(kg/m³) が次に多かった。

また、使用細骨材別には、図-6. 3のようになった。

この図から、次のようなことがわかった。

- ① 調査した 120工事のうち、40工事 (33 (%)) で海砂が使用されていた。その内訳は、海砂単独使用が15工事 (13 (%)) , 海砂と他の砂の混合使用が25工事 (21 (%)) であり、今回の結果からも海砂が混合使用されることが多い。
- ② 海砂以外の細骨材を使用したコンクリート中の塩化物量は、大半が0.10 (kg/m³) 以下であることがわかった。(80工事中、75工事 (94 (%))) また、海砂を使用したコンクリートにおいても、1つの例外を除くとその塩化物量はすべて0.30 (kg/m³) (規制値の1/2) 以下である。

6. 4 その他の調査結果

今回、コンクリート中の塩化物量を測定するにあたり、測定に使用した測定器および測定に要した時間を調査項目の一つとして加えた。その結果を、表-6. 3に示す。

今回の調査では、カンタブが最も多く使用されていたが、その測定には、他の機種と比べてやや多くの時間が必要とされていることがわかった。

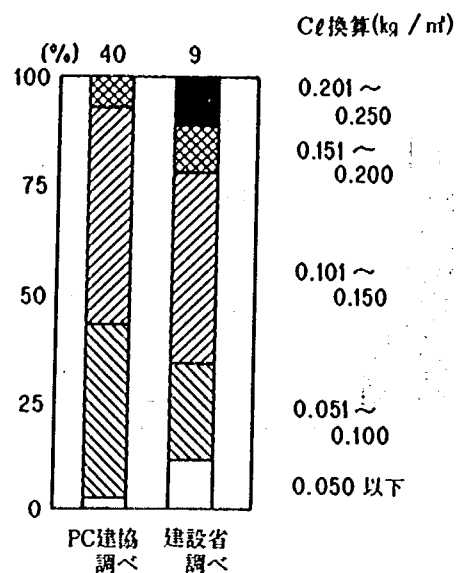


図-6.2 PCグラウト中の塩化物量

表-6. 3 使用機種ごとの平均測定時間

測定器	平均測定時間
カンタブ	26 (分)
ソルターC-6	16
ソルテスター	14
C S-10A	14
全機種平均	21

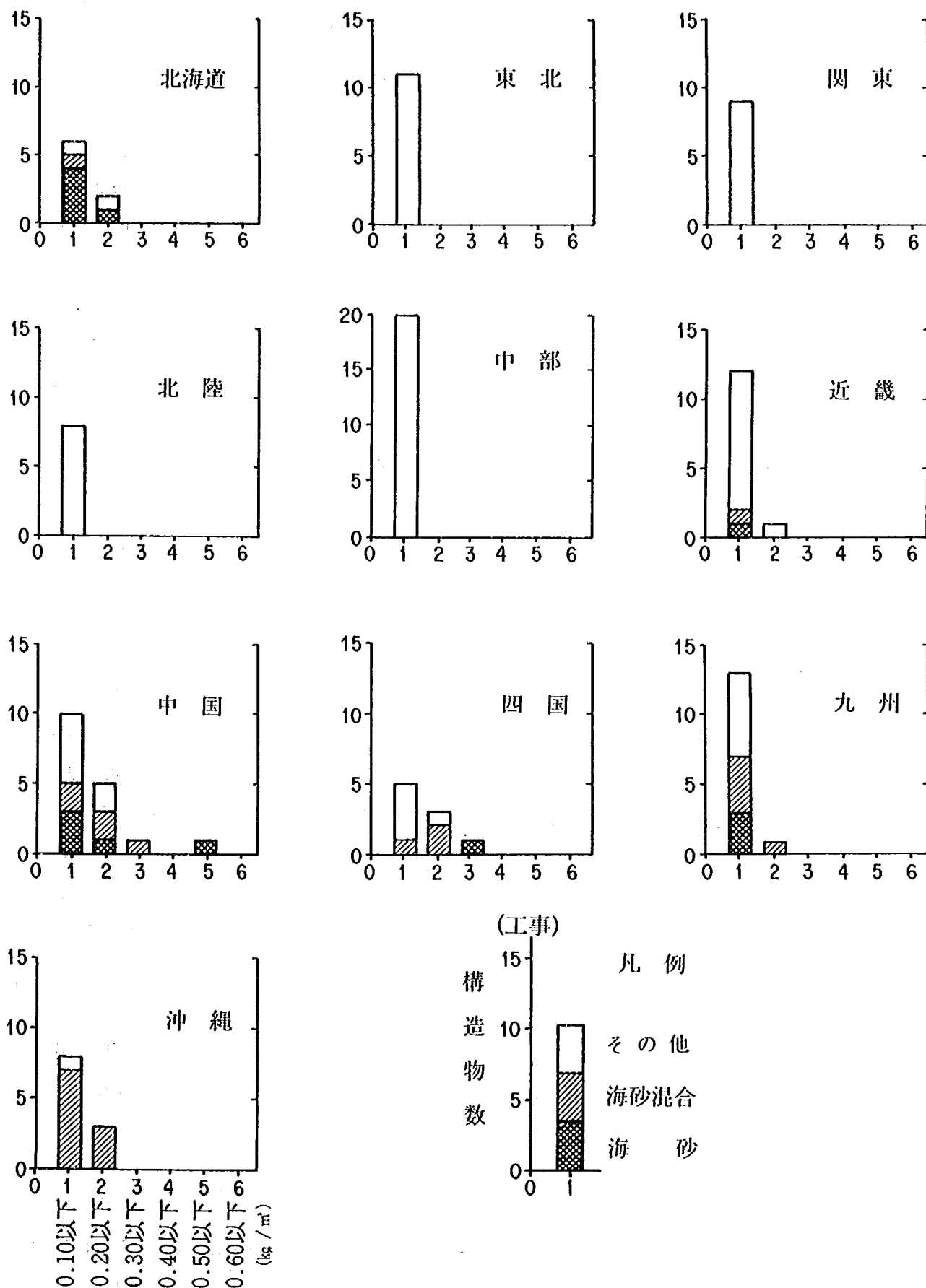


図-6.3 地方別・細骨材別の塩化物量

6. 5 塩化物総量規制試行上の問題点

試行を実施した際に、測定器ならびその他の規制項目に関して問題となった点を各地方建設局ごとにとりまとめた結果、次のような問題点の指摘を受けた。

A. 測定器のトラブルについて（機種名とトラブルの内容について）

○カンタブ

- ・測定に時間がかかり判読しにくい。 (北海道)
- ・塩分量が少ない場合に換算表より読みとりが不能になる。 (北海道)
- ・時間がかかり過ぎる（冬期はさらに長くなる）。 (関東)
- ・微量の判読がむずかしい。 (関東)
- ・測定後の変色がある。 (関東)
- ・判定時間が長い。大量にコンクリート打設する場合は、試験を行ってから他のコンクリート打設できるが、少量の場合、判定に30分経過したものを打設しなければならず、生コン工場から現場距離がはなれている場合適正な打設時間が確保できない。 (関東)
- ・カンタブ低濃度使用の場合、目盛3前後については時間の経過につれ（2時間くらい）白い変色により目盛の読み取りが困難になるケースがあり保存資料としては検討の余地あり。 (関東)
- ・色の識別が困難。 (中部)
- ・目盛が判読しにくくなる場合がある。 (中部)
- ・測定後、保存のため、毛細管部の水を抜きとればよいとなっているが、実際には、全体に変色して読み取れなくなる場合がある。 (中部)
- ・45分程度試験したが、顕著な結果が得られなかった。 (近畿)
- ・カタログと反応が違うため、混乱した。 (近畿)
- ・測定時間がかかる（25分程度）ので、生コン車を待して打設する場合トラブルの原因になる。 (近畿)
- ・日が経つと変色して数値が不鮮明になる。 (近畿)
- ・試験的に深礎杭モルタルについて試験を行ったが、低濃度カンタブでも測定不能だった。 (近畿)
- ・標準品と低濃度品の使い分けがメーカーによる説明不十分なため一部において混乱した。 (九州)
- ・標準品と低濃度の換算表に空白の欄があるものである。 (九州)

○ソルターC-6

- ・測定器が防水性でないため、雨天時の測定が困難である。 (北陸)
- ・測定する前処理として行う構成に時間を要する。また、測定時も切り換えスイッチの操作などに手間がかかり熟練を要す。 (中部)
- ・コンクリート中のブリージングが発生しにくい場合がある。 (近畿)

○ソルテスターU7-C L

- ・測定値の変化が激しく読取りにくい。(関 東)
- ・標準液のキャリブレーション(0.5% C L⁻のみ)が不能(原因不明)なために新規交換した。(北 陸)
- ・測定現場では測定器を置く水平部分が確保しずらく、現場事務所内での測定となる。(北 陸)
- ・測定器を移動した直後に測定した場合と、測定器設置後本体が安定した状態に測定した場合と値に差が生じる。(中 部)
- ・測定の構成(調整)は、メーカーカタログによる1週間に1回程度で良いとなっているが、実際は、1~2日間隔で構成する必要がある。(中 部)

○その他、共通する問題点

- ・測定結果が出るまで20~30分要するため、時間ロスが生じる。
(特に、カンタブによる測定の場合が多い。)(中 部)
- ・機器の調整に次官がかかる。(ソルテスター、カンタブ)(近 畿)
- ・機器によりバラツキがある。(ソルテスター、カンタブ)(近 畿)
- ・測定に時間がかかる。(ソルテスター、カンタブ)(近 畿)
- ・U7-C L, C S-10 Aについては、調整に時間を要する場合がある(30~40分)。(四 国)
- ・塩化物が小さい場合、カンタブでは他の機種に比べて高く表われる。(四 国)
- ・カンタブとソルターC-6, ソルテスターU7-L Cでは測定値の差が大きい。(沖 縄)

B. その他のトラブルまたは問題点

- 測定器を保有している生コン工場、請負業者が少ないためカンタブによる測定が大半であった。(北海道)
- 測定に時間がかかるため、遠隔地ではコンクリートの硬化が問題となった。(北海道)
- 測定器の先端部分の清掃をていねいに行わないと測定がばらつきがでる。(北海道)
- 工場製品で、既に制作済の製品はどのように扱うべきか。
(品質管理記録によって塩化物総量の確認が出来ない製品)(北海道)
- 何日も連続してコンクリートを打設する場合、毎日2回以上の検査は必要ないように思われる。
ある一定期間以上連続してコンクリートを打設し、原材料が変わらない場合、検査回数の緩和処置が必要と思われる。(北海道)
- 吹付コンクリートの取り扱いはどの様にすべきか。(北海道)
- 測定に時間がかかるので、生コン業者の選定が困難になった。また、作業員が手待ちになってしまったり、試験の結果が出る前にコンクリートの打設を行った。(関 東)
- 塩化物総量規制を知らない業者がいた。(関 東)

- 総量規制値 $0.6\text{kg}/\text{m}^2$ に対し、各測定結果は $1/10\sim 1/50$ であり、全工事に測定義務を課せずに、例えば、海砂使用の場合とか、抜き取り検査とか、実施方法または現行の測定頻度1日2回以上（午前、午後打設の場合）等について、検討を要するのではないか。（中 部）
- 写真撮影枚数が多いので、黒板に3回分書いて1枚だけ写真を撮ればよい。（近 畿）
- 測定結果が規制値を大きく下回った場合（当現場では規制値の $1/10$ 程度である）は測定回数を減らしてほしい。

理由 ・コンクリート打設が遅れる（20～30分）。

・測定費用が無駄である。

（近 畿）

○測定表に工種と共に、施工箇所も必要である。

（近 畿）

○測定の頻度および測定の時間に対する苦情が多い。。

（九 州）

生コン中の塩化物量調査結果総括表（60年度）

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位	月日	気温	強度スランプ	GmaxAir	塩分濃度	塩化物量	砂	混合員数	Ad.種類	セメント	単位W		
1	北海道	札幌	道路橋梁下部	深礎	917	19	240	8	5	0.03	42	1	2	2	1	1 B B	141
2	北海道	札幌	道路橋梁上部	床版	1012	19	240	8	5	0.05	75	1	2	2	1	1 B B	150
3	北海道	室蘭	道路函渠	側壁	1113	7	225	8	5	～	～	1	2	2	1	1 B B	146
4	北海道	室蘭	道路橋台	軀体・頂版	823	26	240	8	5	～	～	1	2	1	1	1 B B	146
5	北海道	室蘭	港湾防波堤	波返し	920	20	210	5	5	0	0		2	2	1	B B	142
6	北海道	室蘭	港湾防波堤	消波ブロック	99	25	240	5	5	0.02	28		2	2	1	B B	142
7	北海道	小樽	道路橋梁上部	橋面均し	823	31	195	5	5	0.035	51	3	1	2	3	2 F B	145
8	北海道	小樽	道路擁壁	堅壁下部	99	21	240	8	5	0.04	65	3	1	2	1	1 F B	162
9	北海道	小樽	港湾防波堤	消波ブロック	827	25	305	5	5	0.036	54		2	2	1	F B	151
10	北海道	小樽	港湾防波堤	底部	831	27	304	12	5	0.042	60	6	2	2	1	B B	143
11	北海道	函館	道路擁壁	底版	1016	18	225	8	5	0.021	29	5	1	2	1	F	140
12	北海道	函館	道路	フーチング	1012	18	240	8	5	0.04	60		1	2	1	N	149
13	北海道	函館	港湾橋脚	フーチング	109	18	210	8	5	0	0		1	2	1	1 F B	145
14	北海道	函館	港湾岸壁	抗	821	27	240	12	5	0	0	5	2	2	1	1 B B	152
15	東北	酒田	橋梁下部	～	920	26	160	8	40	0	0	4	2	2	3	2 B B	135
16	東北	新庄	砂防ダム	岩着部	920	13	180	5	40	0	0	4	2	2	3	2 B B	131
17	東北	酒田	函渠	天端	103	26	210	8	25	0	0	4	2	2	3	2 N	142
18	東北	磐城	国道側道橋下部	～	1018	16	210	8	40	0	0	4	2	2	3	2 N	154
19	東北	東北技術機械倉庫		床版	1020	18	180	18	25	0	0	4	2	2	3	3 N	185
20	東北	仙台	トンネル	インバート	1119	14	180	8	40	0	0	5	1	2	3	2 N	174

生コン中の塩化物量調査結果総括表（60年度）

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位	月日	気温	強度スランパ	GmaxAir	塩分濃度	塩化物量	砂	混合貝殻	Ad.種類	セメント	単位W
21	東北	秋田	擁壁	胸壁	1129	13	210	8 25	0.016	24	5	1 2	3 3	N	148
22	関東	東京国道共同溝	躯体		911	28	210	8 25	～	～	5	1 2	1 6	N	161
23	関東	千葉国道橋梁下部	躯体		930	24	210	8 25	～	～	5	2 2		N	148
24	関東	首都国道擁壁	下床版		1128	8	210	8 25	～	～	5	2 2	3 2	N	149
25	関東	横浜国道トンネル	側壁		1127	11	270	13 40	～	～	4	2 2	3 2	N	164
26	関東	相武国道橋台	躯体		1113	17	210	8 25	～	～	5	2 2	3 2	N	153
27	関東	相武国道擁壁	躯体		1113	19	210	8 25	～	～	5	2 2	3 2	B B	150
28	関東	首都国道函渠	底板部		123	8	210	8 25	～	～	4	2 2	3 3	N	148
29	関東	大宮国道橋脚	躯体		123	14	210	8 25	～	～	4	2 2	3 5	N	161
30	関東	首都国道橋台	基礎		124	13	210	8 25	～	～	3	2 2	1 1	N	154
31	関東	首都国道橋脚	基礎		124	13	210	8 25	～	～	5	2 2	1 1	N	150
32	関東	江戸川 護岸	笠コン		1210	10	195	8 40	～	～	3	2 2	4 9	B B	139
33	関東	川崎国道擁壁	底板		1211	5	210	8 25	～	～	5	1 2	3 2	N	150
34	関東	北首都国ケーソン	基礎		1216	8	210	8 25	～	～	4	2 2	3 2	H	157
35	関東	江戸川 樋管	底板		1218	6	210	8 40	～	～	3	2 2	3 2	H	145
36	関東	常陸 橋脚	底板		1224	65	210	8 25	～	～	4	2 2	3 7	N	143
37	北陸	高田 スノーシェード	支柱		104	20	210	15 25	0	0	4	2 2	3 2	B B	172
38	北陸	金沢 護岸	消波ブロック		920	22	225	5 40	0	0	4	2 2	3 6	B B	144
39	北陸	金沢 護岸	消波ブロック		920		225	5 40	0	0	5	1 2	3 6	B B	151
40	北陸	新潟国道ブロック積	裏込・胴込		921	26	160	5 25	0	0	5	1 2	3 6	B B	142

生コン中の塩化物量調査結果総括表（60年度）

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位	月日	気温	強度	スランパ	GmaxAir	塩分濃度	塩化物量	砂	混合	貝殻	Ad.種類	セメント	単位W
41	北陸	長岡	国道橋脚	軀体	917	21	210	8	40	0	0	4	2	2	3	2 N	140
42	北陸	富山	水門	翼壁	920	21	210	8	40	0	0	4	2	2	1	1 N	146
43	北陸	高田	橋台	軀体	104	21	210	8	40	0.088	124	5	2	2	3	2 N	141
44	北陸	羽越	橋台	バラベツト	926	23	210	8	40	0.12	157	4	2	2	3	2 N	131
45	北陸	新潟	国道ボックス	側壁	912		210	8	40	0.11	153	4	2	2	3	2 N	139
46	北陸	神通川	砂防ダム	軀体	919	18	195	5	80	0.052	62	4	2	2		B	120
47	北陸	黒部	突堤	ブロック	919	19	270	5	40	0.065	89	4	2	2	3	2 B	137
48	中部	沼津	離岸堤	消波ブロック	1113		210	5	80	0	0	4	2	2	1	1 B B	127
49	中部	静岡	排水工	築水樹	1112	22	180	8	25	0.075	116	4	2	2	1	1 N	154
50	中部	静岡	河川消波堤	消波ブロック	96		210	5	40	0.015	21	4	2	2	3	2 B B	134
51	中部	浜松	橋台	場所打杭	103		300	15	25	0	0	4	2	2	3	2 B B	157
52	中部	豊橋	排水工	側溝壁	1122		210	5	40	0.03	44	5	2	2	3	2 B B	
53	中部	名四	国道橋梁下部	柱	103		210	8	20	0	0	5	2	2	3	6 N	166
54	中部	名古屋	国橋梁上部	床版	1112	14	240	8	25	0	0	5	2	2	3	2 H	159
55	中部	岐阜	国道排水工側溝工	インバート	1018		180	8	25	0	0	4	2	2	1	1 N	162
56	中部	三重	橋梁下部	橋脚	1129		210	8	25	0.063	98	4	2	2	3	5 N	156
57	中部	木曽川	下護岸特殊堤	法面	1021		210	5	40	0.063	93	5	1	2	3	3 B B	148
58	中部	紀勢	国道洞門	モタレ壁	1120		160	8	40	0	0	4	2	1	1	1 B B	154
59	近畿	神戸	管絃建物基礎	地中梁基礎	1219	11	255	15	20	0.071	131	1	2	1	4	9 N	184
60	近畿	淀川	枚方低水護岸	～	1218	11	160	8	40	0.088	139	5	2	2	3	2 H	158

生コン中の塩化物量調査結果総括表（60年度）

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位	月日	気温	強度	スランパ	GmaxAir	塩分濃度	塩化物量	砂	混合	貝殻	Ad.種類	セメント	単位W
61	近畿	大国	高槻管渠	～	1212	6	160	8	40	0.047	75	5	2	2	3	2 B B	159
62	近畿	大国	高槻管渠	～	1127	15	160	8	40	0.232	367	5	2	2	5	2 N	158
63	近畿	姫路	小野樋門	頂板	118	24	210	8	20	0.084	145	1	2	1	1	1 N	173
64	近畿	猪名川	護岸	消波ブロック	1029	20	160	8	40	0.068	112	1	2	1	1	1 N	165
65	近畿	阪神	国道橋梁	床版	925	28	240	8	20	0.079	132	1	2	1	3	2 N	167
66	近畿	姫路	余部樋門	側壁・頂板	99	35	210	8	25	0.157	262	4	2	1	1	1 N	167
67	中国	鳥取	側溝	側壁	913	25	160	8	40	0	0	5	1	2	3	6 N	150
68	中国	倉吉	擁壁	躯体	111	21	160	8	40	0	0	5	2	2	3	6 N	153
69	中国	倉吉	砂防ダム	本体頂部	926	22	160	5	40	0	～	5	2	2	3	2 B	145
70	中国	松江	国道水路	底版	930	23	210	8	20	0	～	～	～	2	3	2 N	164
71	中国	浜田	橋梁上部	ホーステン主桁	921	26	400	8	20	0	～	5	2	1	3	2 H	181
72	中国	岡山	河川水門	底盤	918	29	210	8	20	0.32	543	～	～	1	3	5 N	170
73	中国	岡山	国道橋脚	躯体	925	26	210	8	20	0.32	537	1	2	1	3	6 N	168
74	中国	岡山	国道橋台	フーチング	911	28	240	8	20	0	～	2	1	1	3	2 N	172
75	中国	岡山	国道橋台	躯体	925	23	240	8	20	0	～	2	1	2	3	2 N	172
76	中国	福山	函渠	側壁・頂板	101	17	210	8	20	0	～	1	2	2	3	6 N	174
77	中国	福山	橋台	フーチング	118	17	210	8	20	0	～	1	2	2	3	6 N	168
78	中国	福山	橋梁上部	床版	918	28	240	8	20	0.096	173	1	2	1	3	2 N	180
79	中国	三次	擁壁	堅壁	109	18	160	8	40	0.071	120	2	1	1	3	5 N	169
80	中国	三次	トンネル覆工側壁		927	25	210	8	40	0.059	96	2	1	1	3	5 B	163

生コン中の塩化物量調査結果総括表（60年度）

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位	月日	気温	強度	スランフ	GmaxAir	塩分濃度	塩化物量	砂	混合	貝殻	Ad.種類	セメント	単位W
81	中国	温井ダム	橋台	フーチング	1025	16	210	8	25	0	~	2	1	1	3	2 N	164
82	中国	広島国道	側道橋橋台	胸壁	1116	9	210	8	20	0	~	2	1	1	3	5 N	179
83	中国	広島国道	橋台	躯体	920	29	210	8	20	0	~	2	1	1	3	2 N	167
84	中国	広島国道	共同溝	側壁・頂版	924	26	210	8	20	0.193	328	1	2	1	3	2 N	170
85	中国	山口	橋脚	フーチング	1031	22	210	8	20	0	~	1	2	1	3	3 N	175
86	中国	山口	橋台	フーチング	914	31	210	8	20	0	~	2	1	1	3	5 N	172
87	中国	山口	橋脚	フーチング	1022	20	240	8	20	0	~	1	2	1	3	3 N	171
88	中国	弥栄ダム	橋梁上部	床版	1023	25	240	8	20	0	~	2	1	1	3	5 N	172
89	中国	弥栄ダム	橋脚	躯体	829	32	160	8	40	0	~	~	~	1	3	5 N	165
90	四国	四国技術	張コンクリート	中間部	94	27	160	8	40	0.255	415	5	1	1	3	2 N	163
91	四国	香川	擁壁	中間部	1213	8	160	8	40	0.042	68	2	1	1	3	2 N	162
92	四国	香川	擁壁	下部	1214	9	160	8	40	0.071	120	2	1	1		N	168
93	四国	香川	橋台	躯体	1216	6	210	8	20	0.198	340	2	1	1	1	1 N	172
94	四国	香川	擁壁	上部	1218	7	160	8	40	0.081	130	2	1	1		N	164
95	四国	香川	排水工	側溝	1219	8	160	8	40	0	~	2	1	1	3	1 N	166
96	四国	香川	橋台下部	躯体	1219	8	240	8	20	0.212	366	1	2	1	3	5 N	173
97	四国	香川	橋梁上部	ホーステン主桁	1219	8	400	8	20	0.1	187	2	1	1	3	2 H	188
98	四国	香川	下部工	ベノト杭	1219	8	370	15	20	0.159	293	2	1	1	3	2 B B	184
99	四国	香川	ボックス	頂版	1223	8	210	8	20	0.207	356	1	2	1	3	5 N	172
100	九州	佐賀国道	側溝	嵩上げ	94	32	160	8	4	0.043	68	2	1	1	3	2 B B	161

生コン中の塩化物量調査結果総括表（60年度）

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位	月日	気温	強度	スランプ	Gmax	Air	塩分濃度	塩化物量	砂	混合員数	Ad.種類	セメント	単位W	
101	九州	佐賀	国道ブロック積	胴込	94	30	160	8	4	0.041		60	2	1	1	3	6 B B	147
102	九州	福岡	国道函渠	本体	99	35	210	8	4	0.088		140	2	1	1	3	6 B B	159
103	九州	武雄	工事堤防	張コンクリート	912	29	160	8	4	0.059		93	2	1	1	3	6 B B	158
104	九州	佐賀	国道橋脚	軀体	912	29	210	8	4	~	~		2	1	1	3	2 B B	151
105	九州	佐賀	国道ブロック積	胴込	912	31	160	8	4	0.038		59	2	1	1	3	3 B B	157
106	九州	大分	工事洞門下部	軀体底板	926	24	210	8	4	0.031		47	3	2	2	3	3 B B	151
107	九州	大分	工事橋梁上部	間詰・横桁	916	25	300	8	4	0.077		130	1	2	1	3	2 H	169
108	九州	大分	工事ブロック積	胴込	97	28	160	8	4	0.328		492	1	2	1	3	2 B B	150
109	九州	大分	工事擁壁	上部	95	33	160	8	4	0.045		70	4	2	2		B B	163
110	九州	佐賀	国道橋梁上部	ホーステン主桁	926	28	400	8	4	0.08		140	2	1	2	3	2 H	174
111	九州	大分	工事側溝	~	108	27	160	8	4	0.144		220	1	2	1	3	3 B B	150
112	九州	菊池川	樋管	本体	107	26	210	8	4	0.05		90	5	1	2	3	3 N	172
113	九州	福岡	国道橋脚	軀体	1016	23	210	8	4	~			2	1	1		B B	152
114	九州	大分	工事橋梁上部	地覆	1021	20	240	8	4	0.108		178	1	2	1	3	3 N	165
115	九州	福岡	国道擁壁	軀体	1023	25	160	8	4	0.12		190	2	1	1	1	1 B B	158
116	九州	福岡	国道擁壁	軀体	1023	25	160	8	4	0.068		107	2	1	1	1	1 B B	158
117	九州	福岡	国道橋梁上部	床版	1028	22	240	8	4	0	0		3	1	2	3	6 N	171
118	九州	福岡	国道橋脚	軀体	111	20	210	8	4	~			2	1	1	3	3 B B	152
119	九州	福岡	国道橋梁下部	フーチング	111	20	210	8	4	~			3	1	2	3	6 B B	159
120	九州	熊本	組立歩道	基礎工	111	22	160	8	4	0.035		53	4	2	2	3	2 B B	152

生コン中の塩化物量調査結果総括表（60年度）

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位	月日	気温	強度スラブ*	GmaxAir	塩分濃度	塩化物量	砂	混合貝殻	Ad.種類	セメント	単位W	
121	九州	熊本	排水工	集水枡側壁	1029		160	8	4	0.05	77	2	1	1	6 B B	154
122	沖縄		南部国道側溝	側壁	1225	20	160	20	8	0.07	118	2	1	2	4 3 N	168
123	沖縄		南部国道側溝	エプロン	1225	20	160	20	8	0.06	100	2	1	2	3 2 N	167
124	沖縄		北部国道側溝	側壁	104	30	160	8	20	0.047	77	2	1	1	4 3 N	165
125	沖縄		北部国道路掛版	路掛版	1112	28	210	8	40	0.063	95	2	1	2	4 3 N	151
126	沖縄		北部国道橋梁上部	地覆	108	29	300	8	20	~	117	2	1	2	4 9 N	165
127	沖縄		北部国道橋梁上部	床版	125	25	300	8	20	~	104	2	1	2	4 9 N	165
128	沖縄		北部国道側溝	~	1219	22	160	8	20	~	59	2	1	2	4 9 N	165
129	沖縄		北部国道管渠	巻立て	1218	20	160	8	40	~	83	2	1	1	3 7 N	154
130	沖縄		北部国道擁壁	底板	129	21	210	8	40	0.047	72	2	1	1	3 7 N	153
131	沖縄		北部国道側溝	底板	921	34	160	8	20	~	83	2	1	1	4 7 N	176
132	沖縄		北部国道護岸	波返し	96	29	180	8	40	~	101	2	1	2	3 2 N	160
133	沖縄		北部国道橋梁上部	間詰	820	27	300	8	20	~	91	2	1	2	3 2 N	169
134	沖縄		北部国道側溝	エプロン	1121	24	160	8	20	0.063	108	2	1	1	3 2 N	172
135	沖縄		北部国道橋台	軀体	111	22	270	8	40	0.054	88	2	1	1	3 2 N	163
136	沖縄		北部国道護岸	基礎	94	33	180	8	40	0.047	75	2	1	1	N	159
137	沖縄		北部国道護岸	軀体	924	33	180	8	40	0.054	86	2	1	1	N	159
138	沖縄		北部国道橋梁上部	伸縮部後打	1212	18	350	8	20	0.047	84	2	1	2	4 9 N	178
139	沖縄		北部国道側溝	軀体	129	21	160	6	20	0.071	117	2	1	1	4 9 N	165
140	沖縄		北部国道擁壁	軀体	129	20	160	8	40	0.079	121	2	1	1	4 9 N	153

生コン中の塩化物量調査結果総括表（60年度）

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位	月日	気温	強度	スランプ	Gmax	Air	塩分濃度	塩化物量	砂	混合	貝殻	Ad.種類	セメント	単位W
141	沖縄		北部国道側溝	躯体	1213	24	160	6	20		0.071	117	2	1	1	4	9 N	165
142	沖縄		北部国道擁壁	躯体	1213	19	160	8	40		0.088	135	2	1	1	4	9 N	153
143	沖縄		北部国道擁壁	躯体	1214	20	160	8	40		0.071	109	2	1	1	4	9 N	153
144	沖縄		北部国道擁壁	躯体	1218	20	160	8	40		0.079	121	2	1	1	4	9 N	153
145	沖縄		北部国道擁壁	躯体	1219	23	160	8	40		0.079	121	2	1	1	4	9 N	153
146	沖縄		南部国道橋台	躯体	129	22	270	8	40		0.01	15	2	1	1	3	2 N	154
147	沖縄		南部国道橋台	躯体	1217	16	270	8	40		0.025	39	2	1	1	3	2 N	154
148	沖縄		南部国道管渠	巻立て	117	24	160	8	20		0.003	5	5	1	2	3	2 N	163
149	沖縄		南部国道橋台	頂版	1223	18	270	8	40		0.009	14	2	1	1	3	2 N	159
150	沖縄		南部国道橋脚	柱	1220	14	270	8	40		0.003	5	5	1	2	3	2 N	161
151	沖縄		南部国道側溝	側壁	103	27	160	8	20		0.02	33	2	1	1	3	2 N	167
152	沖縄		南部国道橋台	フーチング	1220	18	270	8	40		0.02	31	2	1	1	3	2 N	154
153	沖縄		南部国道橋梁上部	ホーステン主桁	1119	23	400	8	20		0.02	35	~	~	1	~	~ N	177
154	沖縄		南部国道橋梁	ホーステン主桁	1217	16	400	8	20		0.04	71	5	1	2	3	2 N	178

生コン中の塩化物量調査結果総括表(61年度)

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位名	月日	気温	強度	スランプ	空気量	塩分濃度	塩化物量測定器名	砂	混和剤種類	セメント	W量
1	北海道	札幌道路	函きよ	側壁	1013	18	210	8	4.5	0.024	35 カンタブ	1	1	1 F B	147
2	北海道	札幌道路	擁壁	杭	1013	12	240	8	4.5	0.07	95 カンタブ	1	1	1 N	144
3	北海道	札幌道路	函きよ	側壁頂版	1001	19	210	8	4.5	0.055	75 カンタブ	1	3	2 F B	703
4	北海道	小樽道路	橋脚	軀体	1010	13	240	8	4.5	0.0202	30 カンタブ	3	3	2 F B	748
5	北海道	小樽道路	ボックス	底側	1025	15	240	8	4.5	0.084	133 カンタブ	3	1	6 F B	129
6	北海道	小樽道路	海岸・擁壁	波返し	1004	20	210	8	4.5	0.0105	16 カンタブ	2	3	2 F B	708
7	北海道	室蘭道路	橋梁上部	地覆	1108	12	225	8	4.5	0.1	139 カンタブ	1	2	2 B B	139
8	北海道	室蘭道路	橋脚	軀体	1010	15	225	8	4.5	0.02	29 カンタブ	1	1	1 B B	146
9	東北	玉川ダム	橋脚	軀体	1006	19	240	8	4.5	0.047	66 ソルター	4	3	2 N	141
10	東北	玉川ダム	擁壁	軀体	1001	17	210	8	4.5	0.046	65 ソルター	4	3	2 N	141
11	東北	酒田	貯水槽	軀体	1023	6	210	8	4.5	0.009	13 カンタブ	5	3	2 N	144
12	東北	北上下流	樋管	本体	1025	16	210	8	4.5	0.024	33 カンタブ	4	3	2 N	138
13	東北	仙台	橋梁上部	床版	1014	15	240	8	4.5	0.051	84 カンタブ	5	3	2 N	166
14	東北	湯沢	橋台	フーチング	1113	7	240	8	4.5	0.02	29 C S	5	3	2 N	143
15	東北	岩手	橋脚	グラウト	1123	5	~	~	~	0.018	99 カンタブ	~	7	2 N	560
16	東北	岩手	水路工	壁	1113	6	210	8	4.5	0.017	23 カンタブ	4	3	2 N	143
17	東北	三陸国道	橋梁下部	杭	1114	14	300	18	4.5	0.026	44 カンタブ	4	3	7 N	168
18	東北	福島	地下道	底版	1128	11	210	8	4.5	~	75 ソルテスター	4	3	2 H	168
19	東北	寒河江ダム	橋脚	基礎杭	1001	15	240	8	4.5	~	26 ソルター	5	3	1 N	151
20	東北	寒河江ダム	橋梁上部	ボステン桁	1007	15	400	8	~	0.049	79 カンタブ	5	3	2 H	169

生コン中の塩化物量調査結果総括表(61年度)

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位名	月日	気温	強度	スランプ	空気量	塩分濃度	塩化物量測定器名	砂	混和剤種類	セメント	W量
21	関東	霞ヶ浦	護岸	基礎	1001	～	195	8	4	0.015	21 ソルター-C-6	5	3	2 B B	134
22	関東	荒川上流	樋管	門柱	1211	6	210	8	4	0.008	11 カンタブ	4	3	6 N	144
23	関東	宮ヶ瀬ダム	橋台	軀体	1126	6	210	8	4	0.027	39 ソルター-C-6	5 ～	～	N	144
24	関東	日光砂防	床固	本体	1125	12	195	5	4	0.009	12 ソルテスター	5	3	5 B B	138
25	関東	首都国道	函きよ	底版	1202	14	210	8	4	0.009	14 カンタブ	4	3	3 N	148
26	関東	東京国道	橋脚	基礎杭	1119	～	370	17.5	4	0.014	24 カンタブ	5	3	1 B B	168
27	関東	北首都国	橋脚	フーチング	1209	11	240	8	4	0.008	11 カンタブ	4	3	1 N	145
28	関東	千葉国道	橋台	基礎	1210	13	370	17.5	4	0.016	27 ソルテスター	5	3	2 B B	175
29	関東	横浜国道	橋梁上部	ボステン桁	1015	14	400	8	4	0.045	70 カンタブ	5	3	2 H	156
30	関東	横浜国道	橋梁上部	グラウト	1127	9 ～	～	～	～	0.045	250 ～	～	7	2 N	560
31	北陸	新潟国道	橋梁上部	床板	1018	10	270	8	4	0.04	58 カンタブ	4	3	2 N	146
32	北陸	新潟国道	洞門	軀体	1022	16	210	8	4	0.02	29 カンタブ	4	3	2 N	146
33	北陸	黒部工事	擁壁	フーチング	1105	3	210	8	4	0.035	50 ソルター-C-6	5	3	2 N	142
34	北陸	松本砂防	砂防ダム	本体	1111	3	100	5	3.5	0.008	10 ソルター-C-6	4	2	3 B B	116
35	北陸	長岡国道	落差工	軀体	1204	3	180	5	4	0.013	17 カンタブ	4	3	7 N	130
36	北陸	高田	橋梁上部	床版	1014	22	240	8	4	0.0217	34 カンタブ	4	3	2 H	158
37	北陸	長岡国道	橋台	フーチング	1016	16	210	8	4	0.016	20 カンタブ	5	3	2 N	128
38	北陸	金沢	護岸	洞込	1127	7	160	5	4	0.0538	カンタブ	3	3	8 B B	159
39	北陸	信濃川	樋管	翼壁	1118	8	210	8	4	0.017	22	4	3	2 N	127
40	北陸	飯豊山系砂防	橋梁上部	グラウト	1022	12	～	～	～	0.021	123	～	7	2 N	588

生コン中の塩化物量調査結果総括表(61年度)

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位名	月日	気温	強度	スランプ	空気量	塩分濃度	塩化物量測定器名	砂	混和剤種類	セメント	W量
41	中部	三重	樋管	底版	1119	15	210	8	4	0.035	57 カンタブ	4	3	2 N	161
42	中部	天竜川上流	橋梁上部	床版	1128	3	300	8	4	0.0097	14 ソルター	4	3	2 N	148
43	中部	蓮ダム	橋梁上部	床版	925	22	300	8	4	0.0217	33 カンタブ	4	3	2 N	154
44	中部	多治見	橋梁上部	床版	1031	10	240	8	4	0.0086	14 カンタブ	4	3	2 N	160
45	中部	名坂国道	ボステン桁	グラウト	1127	5	~	~	~	0.017	109 ソルター	~	4	2 N	630
46	中部	愛知国道	ボステン桁	桁	1201	12	400	8	4	0.016	27 ソルター	5	3	2 H	165
47	中部	愛知国道	フレンチ-ム桁	桁	1008	22	500	21	~	0.0067	10 ソルター	6	6	6 N	157
48	中部	浜松	橋台	フーチング	1018	10	240	8	4	0.023	35 カンタブ	5	3	6 H	150
49	中部	岐阜国道	橋台	バラベツト	1016	24	240	8	4	0.018	29 カンタブ	4	3	5 N	166
50	中部	名坂国道	橋台	軀体	11008	14	210	8	11	0.018	30 カンタブ	4	1	1 N	110
51	中部	紀勢国道	橋脚	抗	1204	8	300	15	25	0.02	35 カンタブ	4	1	1 B	175
52	中部	愛知国道	橋脚	軀体	1101	~	350	7	25	0.026	42 ソルター	4	3	6 N	159
53	中部	浜松	橋脚	軀体	1101	14	210	8	41	0.019	27 カンタブ	4	3	3 N	144
54	中部	岐阜国道	函きょ	梁	1008	21	210	8	4	0.019	30 ソルテスター	4		2 N	157
55	中部	飯田国道	ボックス	軀体	1128	11	210	8	4	0.03	44 ソルター	4	3	2 N	148
56	中部	静岡国道	擁壁	フーチング	1031	11	210	8	4	0.019	27 ソルター	4	3	2 N	145
57	中部	飯田国道	擁壁	基礎	1202	11	160	8	4.5	0.032	46 カンタブ	4	3	2 B	144
58	中部	飯田国道	擁壁	立上がり部	1022	18	210	8	4.5	0.286	423 ソルター	6	5	2 N	148
59	中部	岐阜国道	洞門	軀体	1011	19	210	8	4.5	0.014	22 カンタブ	4	1	1 N	164
60	中部	高山国道	洞門	頂版	1125	4	210	8	4.5	0.0417	65 カンタブ	4	3	2 N	156

生コン中の塩化物量調査結果総括表(61年度)

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位名	月日	気温	強度	スランプ	空気量	塩分濃度	塩化物量測定器名	砂	混和剤種類	セメント W量
61	中部	飯田国道	洞門	頂版	1011	12	210	8	2.5	0.04	62 ソルター	4	3	N 156
62	中部	岐阜国道	張出歩道	床版	1204	10	210	8	4	0.014	21 カンタブ	4	3	2 N 155
63	近畿	滋賀国道	ボステン桁	桁	1104	16	400	8	4	0.02	35 カンタブ	4	3	5 H 175
64	近畿	福井	橋梁上部	床版	1206	10	210	8	4	0.0109	18 カンタブ	6		5 N 163
65	近畿	姫路	橋梁上部	床版	1101	19	300	8	4	0.0432	73 カンタブ	2		2 N 170
66	近畿	福井	橋梁上部	床版	1101	18	400	8	4	0.0085	15 ソルテスター	3	3	2 H 175
67	近畿	福井	橋梁下部	樑体	1104	17	210	8	4	0.017	25 カンタブ	6	2	8 N 151
68	近畿	浪速	橋台	樑体	1122	15	210	8	4	0.02	31 カンタブ	5	1	1 N 154
69	近畿	紀南	トンネル	深礎抗	1203	15	210	8	4	0.0261	42 カンタブ	4	1	1 B 162
70	近畿	奈良国道	橋梁上部	抗壁	1108	13	210	8	4	0.0994	157 カンタブ	5	3	2 H 158
71	近畿	阪神国道	地中壁	抗梁	1106	18	210	8	4	0.051	85 ソルテスター	1	3	2 N 166
72	近畿	福知山	函きょ	底版	1127	5	210	8	4	0.018	28 カンタブ	5	3	2 N 153
73	近畿	琵琶湖	樋門	抗	1101	14	210	8	4	0.021	35 カンタブ	5	3	2 N 166
74	近畿	福井	防波堤	樑体	1105	10	180	8	4	0.017	26 カンタブ	5		2 B 153
75	近畿	淀川	樋門	抗	1205	9	300	10	4	0.0116	20 カンタブ	5	3	2 N 173
76	近畿	福井	橋梁上部	グラウト	1128	13	~	~	~	0.006	34 ソルター	~	7	2 N 570
77	近畿	滋賀国道	ボステン桁	グラウト	1118	15	200	~	~	0.0192	109 カンタブ	~	4	2 N 570
78	中国	温井ダム	橋脚	樑体	1127	12	210	8	4	~	70 ソルテスター	2	3	2 N 163
79	中国	温井ダム	擁壁	樑体	1201	10	210	8	4	~	15 ソルテスター	5	3	2 N 155
80	中国	弥栄ダム	橋脚	樑体	1108	18	210	8	4	0.097	165 カンタブ	2	3	5 B B 170

生コン中の塩化物量調査結果総括表(61年度)

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位名	月日	気温	強度	スランプ	空気量	塩分濃度	塩化物量	測定器名	砂	混和剤種類	セメント	W量
81	中国	三次	樋門	軀体	1115	13	210	8	4	0.136	235	ソルテスター	2	3	2 B B	173
82	中国	三次	橋梁上部	軀体	1027	25	210	8	4	0.08	134	カンタブ	2	3	2 B B	168
83	中国	岡山国道	ボステン桁	桁	1204	10	400	8	~	0.055	98	ソルター	2	3	3 H	179
84	中国	岡山国道	ボックス	軀体	1125	19	210	8	4	0.243	409	カンタブ	1	3	6 B	168
85	中国	福山	橋台	フーチング	1001	24	240	8	4	~	86	カンタブ	1	3	2 N	177
86	中国	広島国道	橋脚	場所打抗	1029	15	300	15	4	0.0271	51	ソルテスター	1	3	2 B	188
87	中国	広島国道	共同溝	軀体	1127	15	210	8	~	0.109	189	ソルテスター	1	3	5 N	173
88	中国	山口	ボステン桁	主桁	1019	26	400	8	~	0.084	147	カンタブ	6	3	5 H	175
89	中国	鳥取	橋台	軀体	1129	11	210	8	4	~	12	ソルター	5	3	2 B B	161
90	中国	鳥取	護岸	ブロック	922	26	180	8	4	0.023	21	カンタブ	5	3	2 B B	150
91	中国	倉敷	函きょ	底版	1120	13	210	8	4	0.021	35	カンタブ	6	3	5 B B	164
92	中国	松江	地下道	壁・頂版	1025	19	210	8	4	0.018	31	ソルター	5	3	2 B B	164
93	中国	浜田	橋脚	軀体	1030	18	210	8	4	0.08	135	カンタブ	3	3	3 H	169
94	四国	香川	橋梁上部	床版	1030	~	240	8	4	0.054	93	C S	2	3	2 N	173
95	四国	香川	函きょ	側壁	1030	12	210	8	4	0.071	122	カンタブ	2	3	2 B B	173
96	四国	徳島	函きょ	側壁	1108	11	210	12	4	0.024	39	ソルター	4	3	2 N	163
97	四国	徳島	ボステン桁	桁	1205	9.5	400	8	4	0.017	29	ソルター	4	3	2 H	168
98	四国	徳島	ボステン桁	桁	1215	10	400	8	4	0.013	22	ソルター	4	3	2 H	174
99	四国	中筋川ダム	P C箱桁	床版	1218	9	400	8	4	0.068	116	カンタブ	2	3	2 H	170
100	四国	徳島	ボステン桁	グラウト	1219	12	~	~	~	0.018	110	ソルター	~	7	2 N	602

生コン中の塩化物量調査結果総括表(61年度)

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位名	月日	気温	強度	スランプ	空気量	塩分濃度	塩化物量測定器名	砂	混和剤種類	セメント	W量
101	四国	松島	橋梁下部	フーチング	1219	9	210	12	4	0.11	203 カンタブ	1	3	6 N	185
102	四国	香川	歩道橋上部	床版	1023	15	210	8	4	0.069	118 カンタブ	2	3	2 B B	171
103	四国	徳島	プレテン桁	桁	1225	15	500	8	~	0.012	20 ソルター	4	6	4 N	160
104	九州	長崎	ボステン桁	グラウト	1115	18	200	~	~	~	93 ソルター-C-6	~	4	2 N	602
105	九州	八代	樋門	本体	1119	25	210	8	4	~	83 ソルター-C-6	2	3	6 B B	154
106	九州	武雄	樋管	本体	1122	22	210	8	4	~	34 ソルター-C-6	1		2 B B	159
107	九州	佐賀国道	橋脚	樞体	1124	20	210	8	4	~	68 ソルター-C-6	2	3	6 B B	151
108	九州	熊本	擁壁	側壁	1125	16	210	8	4	~	71 ソルター-C-6	2	3	2 B B	154
109	九州	福岡国道	橋台	樞体	1127	11	210	8	4	0.011	18 ソルター-C-6	5	3	6 B B	173
110	九州	福岡国道	函梁	底盤	1126	8	210	8	4	~	32 ソルター-C-6	3	3	6 B B	154
111	九州	福岡国道	橋台	樞体	1127	11	210	8	4	0.014	21 ソルター-C-6	4	3	2 B B	152
112	九州	筑後川	樋管	側壁	1206	13	210	8	4	~	18 ソルター-C-6	5	3	6 B B	152
113	九州	菊池川	樋管	底版	1210	11	210	8	4	~	28 ソルター-C-6	4	3	6 B B	155
114	九州	遠賀川	樋管	本体	1213	15	210	8	4	~	16 ソルター-C-6	3	1	6 B B	156
115	九州	延岡	ボステン桁	桁	1210	15	400	8	4	0.0419	62	3	8	6 H	167
116	九州	大分	函梁	底版	1210	15	240	8	20	0.023	37 ソルター-C-6	1	3	3 B B	157
117	九州	大隅	橋台	フーチング	1208	17	210	8	4	0.059	89 ソルター-C-6	5	3	3 B B	150
118	九州	北九州国道	ボステン桁	グラウト	1222	10	200	~	~	~	157 ソルター-C-6	~	7	2 N	602
119	九州	鹿児島国道	橋脚	樞体	1212	7	210	8	4	0.096	146 ソルター-C-6	2	3	6 B B	153
120	沖縄	北部ダム	法枠工	基礎	1112	18	160	8	4	~	35 ソルテスター	2	4	3 N	148

生コン中の塩化物量調査結果総括表(61年度)

No.	地建	事務所名	構造物名	打設部位名	月日	気温	強度	スランプ	空気量	塩分濃度	塩化物量測定器名	砂	混和剤種類	セメント	W量
121	沖縄	北部ダム	床版	床版	1011	22	210	8	4	0.108	178 カンタブ	2	3	7 N	165
122	沖縄	北部国道	橋台	下部	1210	19	160	8	4	0.073	120 カンタブ	2	3	7 N	165
123	沖縄	北部国道	舗装	すり付け版	1025	26	210	8	4	0.069	121 カンタブ	2	4	7 N	176
124	沖縄	北部国道	側溝	蓋部	1202	~	240	8	4	0.016	28 カンタブ	2	3	9 N	173
125	沖縄	北部国道	護岸	波返し	1013	~	180	8	4	0.02	33 カンタブ	2	4	9 N	162
126	沖縄	南部国道	函梁	側壁・頂版	1106	22	210	8	4	0.023	35 カンタブ	5	4	2 N	150
127	沖縄	南部国道	擁壁	バラベツト	1209	20	210	8	4	~	67 ソルター	2	4	2 N	153
128	沖縄	南部国道	管梁	本体	1212	23	160	8	4	~	86 ソルター	2	3	2 N	168
129	沖縄	南部国道	階段	基礎	1212	20	210	8	4	~	99 ソルター	2	3	3 N	152
130	沖縄	南部国道	橋脚	橋体	1211	20	270	8	4	~	24 ソルテスター	2	3	2 ~	156

コンクリートの初期塩化物量規制値
設定のための調査研究

I S S N 0386 - 5878

土木研究所資料第 :2464 号

昭和62年 3 月 (1987)

小林 茂敏, 丹野 弘
高橋 弘人, 中野 正則

キーワード コンクリート構造物、塩害、総量規制、実態調査、塩化物量

要 旨

近年問題とされているコンクリート構造物における塩害問題の原因の一つとして、初期の塩化物量を規制する必要性が生じた。本資料は、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」の一環としてコンクリート中の塩化物総量規制値を策定するにあたり行った調査研究の概要について取りまとめるとともに、総量規制通達試行後のコンクリート中の塩化物量について調査した結果についても併せて取りまとめ報告するものである。

郵便はがき

305-□□

40円切手
をはって
下さい。

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

コンクリート研究室

御中

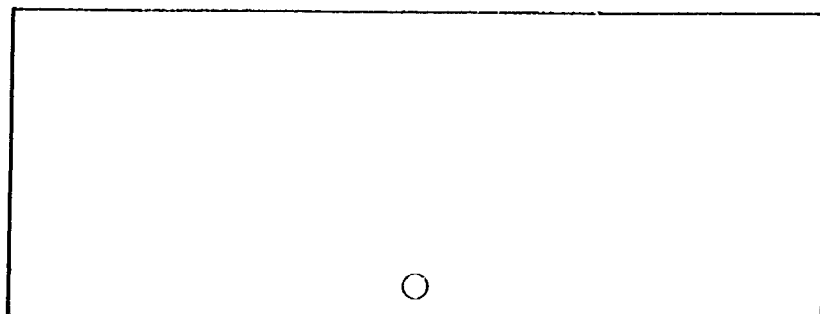
No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所

○



土木研究所資料第2464号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住 所)

氏 名

⑩

○