

# 海洋構造物の耐久性向上技術に関する 共同研究報告書

飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究  
第2分科会

—暴露期間 30 年の研究成果—

平成28年3月

国立研究開発法人 土木研究所  
一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会

Copyright © (2016) 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 Chief Executive of P.W.R.I.

この報告書は、国立研究開発法人土木研究所理事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、国立研究開発法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

# 海洋構造物の耐久性向上技術に関する 共同研究報告書

## 飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究 第2分科会

### — 暴露期間 30 年の研究成果 —

#### Cooperative Investigation on Protective Technologies for Concrete Structures in Marine Splash Environment.

国立研究開発法人 土木研究所 先端材料資源研究センター 材料資源研究グループ

上席研究員 西崎 到

主任研究員 佐々木 巖

研究員 櫻庭 浩樹

一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会

大井川暴露試験共同研究委員会 委員長 青山 敏幸

岩本 靖、梅本 洋平

三加 崇、山田 雅彦

#### 要旨

(国研) 土木研究所と (一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会は、コンクリートの塩害対策として昭和 57 年度から「飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術」に関する共同研究を、駿河湾の海洋総合技術研究施設を用いて、各種防食技術の試験を行い、経時的に研究成果のとりまとめを行っている。

本報告は、暴露期間 30 年までの研究成果をとりまとめたものである。

キーワード：コンクリート構造物，海洋環境，塩害，防食技術

## まえがき

1960年代後半、全国的な高速道路網の整備計画や、東京湾岸道路、本州四国連絡橋などの巨大プロジェクトが計画された。これらのプロジェクトは、海上や海浜地域など厳しい腐食環境あり、構造物の防食技術の確立が求められていた。土木研究所では、長大橋の塗装技術の向上を目的として、若戸大橋用の塗料の調査研究をはじめとして本州四国連絡橋用材料開発のため大気暴露試験を行っていた。さらに、東京湾横断道路の建設に関わる研究として、海上環境である飛沫部・干満部・海中部・海底土中部における鋼構造物の腐食性状の把握と防食方法に関する研究を東京湾内で実施した。

昭和48年(1973年)から建設省総合技術開発プロジェクト「海洋構造物の耐久性向上技術の開発」がはじまり、「構造材料の防食技術の開発」を開始した。この研究では、実海域での実大鋼構造物を用いて、飛沫部と干満部を対象として民間で開発された防食技術を活用した長期間の暴露試験で、その防食性能を評価するものであった。この研究は、鋼管杭協会および財団法人国土開発技術研究センターと共同研究で実施した。共同研究の実施にあたっては、防食ぐい開発委員会を設置して、昭和49年(1974)から暴露期間11.5年にわたり東京湾内の千葉沖で、昭和50年(1975)から暴露期間22年にわたり外洋環境の阿字ヶ浦で鋼管杭の暴露試験を行った。これらの調査結果は、土木研究所資料第3687号「外洋に20年間暴露した防食鋼管杭の耐食性試験報告書」(平成12年1月)に取りまとめている。

コンクリート構造物の設計施工に際しては、強度を主とした力学的性質はもちろんのこと、耐久性も重要な検討事項であった。しかし、耐久性に関する配慮が十分でなかったために、昭和50年代後半に日本海沿岸や沖縄をはじめ、各地で鋼材腐食によるコンクリートの損傷、いわゆる塩害が顕在化したことが報告された。各研究機関において塩害のメカニズムやその対策が研究・開発が開始されたが、成果を出すには長期間の時間を待たねばならなかった。コンクリートの塩害対策として、昭和59年(1984)に「道路橋の塩害対策指針(案)」が日本道路協会から発行された。そこには鋼材かぶりを厚くすること、密実なコンクリートを打設すること等を基本対策とし、改善策としてコンクリート塗装やエポキシ樹脂鉄筋等の使用を進めている。しかし、これらは経過的処置であり、道路橋示方書に移行し見直しもなされているが、今後のさらなる研究により完全なものとするべきものである。

これらの背景のなか、科学技術振興調整費による「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」が、昭和56年度(1981)のフィジビリティスタディを経て昭和57年度(1982)より開始された。建設省土木研究所化学研究室(現：国立研究開発法人土木研究所材料資源研究グループ)は「防食等による海洋構造物の耐久性向上技術」を担当することとなり、海洋暴露試験施設として太平洋に面した駿河海岸に海洋技術総合研究施設を設置した。

海洋技術総合研究施設を利用した暴露試験も、土木研究所と民間団体との共同研究として実施した。飛沫部・干満部および海中部の鋼構造物の防食技術については、社団法人鋼材倶楽部(現：一般社団法人日本鉄鋼連盟)と、飛沫部および干満部のコンクリート構造物の防食技術については、一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会と、海上大気部の長期防錆型塗装技術および海中部の電気防食設計技術については、一般財団法人土木研究センターと共同研究で実施してきている。

共同研究の分担課題として、(国研) 土木研究所と(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会は「飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究」を担当し、

- ①コンクリート材料と防食
- ②コンクリート中鋼材と防食
- ③耐海水コンクリート部材の開発

の項目に関して研究・開発を継続してきた。

本報告書は、世界的にも類を見ない長期間の実環境における暴露試験である、海洋技術総合研究施設での30年間までの研究成果をまとめたものである。

# 目 次

1. 研究概要	1
1.1 研究目的	1
1.2 官民共同研究開始の経緯と進め方	2
1.3 海洋技術総合研究施設設置までの経緯	8
1.4 試験場所および試験施設	9
1.5 暴露試験環境	11
2. 研究項目および試験体の概要	15
2.1 研究項目	15
2.2 暴露試験体の種類と設置位置	16
3. 調査項目および調査方法	31
3.1 調査項目	31
3.2 調査方法	32
4. 調査結果および考察	44
4.1 外観調査	44
4.2 鉄筋の電気化学的測定	55
4.3 塩分環境の調査	62
4.4 塩分浸透深さの調査	71
4.5 内部鉄筋の目視調査	97
4.6 圧縮強度試験	107
4.7 中性化試験	110
4.8 エポキシ樹脂塗装鉄筋の調査	113
4.9 亜鉛めっき鉄筋の調査	121
4.10 PEシースの調査	126
5. まとめ	128

## 資料集

資料-1	試験体の製作仕様	131
資料-2	調査結果一覧表	137
資料-3	外観調査結果	141
資料-4	試験体の塩分浸透深さ測定結果	187
資料-5	試験体の鉄筋腐食状況(暴露 25 年)	212
資料-6	エポキシ樹脂塗装鉄筋の試験結果(暴露 20 年)	226
資料-7	亜鉛めっき鉄筋の試験結果(暴露 25 年)	249

## 1. 研究概要

### 1.1 研究目的

コンクリート構造物の設計施工に際しては強度を主とした力学的性質はもちろんのこと、耐久性も重要な検討事項であった。しかし、耐久性に関する配慮が十分でなかったために、昭和 50 年代後半に日本海沿岸や沖縄をはじめ、各地で鋼材腐食によるコンクリートの損傷、いわゆる塩害が表面化したことが報告された。各研究機関において塩害のメカニズムやその対策が研究・開発が開始されたが、成果を出すには長期間の時間を待たねばならなかった。

コンクリートの塩害対策として、昭和 59 年 2 月「道路橋の塩害対策指針（案）」（日本道路協会）が発行された。そこには鋼材かぶりを厚くすること、密実なコンクリートを打設すること、等を基本対策とし、改善策としてコンクリート塗装やエポキシ樹脂鉄筋等の使用を進めている。しかし、これらは経過的処置として施行されたものであり、道路橋示方書に移行し見直しもなされているが、今後のさらなる研究により完全なものとするべきものである。

建設省土木研究所（現：国立研究開発法人土木研究所）は、「海洋構造物の耐久性向上技術に関する研究」を（社）鋼材倶楽部（現：（一社）日本鉄鋼連盟）、（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会（現：（一社）プレストレスト・コンクリート建設業協会）および（財）土木研究センター（現：（一財）土木研究センター）と共同で昭和 57 年から駿河湾に位置する海洋技術総合研究施設を用いて開始した。共同研究の分担課題として（社）プレストレスト・コンクリート建設業協会は「飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究」を担当し、

- ① コンクリート材料と防食
- ② コンクリート中鋼材と防食
- ③ 耐海水コンクリート部材の開発

について、長期暴露試験を実施することにより塩害対策をはじめとしたコンクリート構造物の耐久性向上技術を確立するための知見を得ることを目的とするものである。



## 1.2 官民共同研究開始の経緯と進め方

### 1.2.1 共同研究開始の経緯

科学技術庁では、「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」を科学技術振興調整費によって昭和 57 年度から 5 カ年計画としてスタートさせた。これに含まれる研究項目は、以下の通りである。

- ①海洋構造物の設計・施工等に必要自然環境を把握する技術の開発
- ②大型の浮遊式海洋構造物の建設基礎技術の開発
- ③厳しい波浪から海洋構造物を守る波浪制御技術の開発
- ④防食等による海洋構造物の耐久性向上技術の開発
- ⑤大波浪海域における海洋構造物の実海域実施研究

上記のうち、建設省土木研究所（現：国立研究開発法人土木研究所）が担当することになった研究計画は、④の「防食等による海洋構造物の耐久性向上技術の開発」研究である。この研究を実施するにあたり、民間の技術力の参加を得て、官民による共同研究として進めることになった。そしてこの研究の暴露試験は、「海洋技術総合研究施設」を利用して実施することになった。

共同研究の実施機関は、以下のとおりである。

（官側） 建設省土木研究所（現：国立研究開発法人土木研究所）

（民側） 社団法人 鋼材倶楽部（現：一般社団法人 日本鉄鋼連盟）

社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会（現：一般社団法人 プレストレスト・コンクリート建設業協会）

財団法人 土木研究センター（現：一般財団法人 土木研究センター）

この研究は「耐久性の向上」を目指しているが、耐久性に関する試験はこれまでの内外の例をみても比較的長期の実験となっている。実海域での数年間の短期的暴露試験では、本来の目的が達成されないことが明らかであるので、科学技術庁が設定した 5 カ年の期間（昭和 57～61 年）が終了した後、すなわち昭和 62 年以降も暴露試験を継続することとしてスタートし、すでに暴露 30 年以上が経過している。

### 1.2.2 共同研究の目的

海洋技術総合研究施設を用いて、海洋構造物を対象とする高度な防食技術の開発およびそれらの長期耐久性評価をおこなうことを目的とする。

### 1.2.3 共同研究の運営体制

海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究協定を、土木研究所と民間 3 団体とで、締結する。

共同研究を円滑かつ効果的に運営してゆくため、次の組織を設けて業務を推進する。

#### ①防錆防食技術開発委員会（開発委員会）

- ・ 研究計画の審議
- ・ 研究成果報告の審議

#### ②共同研究連絡調整会議

- ・ 研究運営の調整会議
- ③共同研究分科会（第1，第2，第3分科会とする）  
（各分科会内で，さらに組織を分けることがある）
  - ・ 研究計画の原案作成
  - ・ 研究の実施
  - ・ 研究報告書の原案作成
- ④共同研究事務局
  - ・ 土木研究センター内に設置（平成22年度まで）
  - ・ 土木研究所が事務局を担う（平成23年度から）
  - ・ 委員会や連絡調整会議の開催
  - ・ 委員会資料等の作成
  - ・ 共同研究報告書のとりまとめ作成

#### 1.2.4 共同研究の名称と分担

共同研究の名称：「海洋構造物の耐久性向上技術に関する研究」  
共同研究の研究項目別分担表を表-1.2.1に示す。

表-1.2.1 共同研究課題と分担

研究項目	研究細目	研究分担		
		第1分科会	第2分科会	第3分科会
1. 飛沫部及び干満帯における鋼構造物の防食技術に関する研究	1)防食被覆材料の適用試験（本体） 2)防食被覆材料の耐久性試験（防食供試体）	A B B		
2. 飛沫部におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究	1)コンクリート中の鋼材の防食技術 2)耐海水コンクリート部材の設計技術の開発		A C	
3. 海中部における電気防食設計技術に関する研究	1)構造形状に応じた電気防食設計法の開発技術 2)塗装併用電気防食設計技術の開発実験			A D
4. 海上大気部の長期防錆型塗装技術に関する研究	1)長期防錆型塗装系の適用試験 2)長期防錆型塗装系の耐久性試験			A D
5. 研究成果のまとめ		A B C D		

注) A：土木研究所 B：日本鉄鋼連盟 C：プレストレスト・コンクリート建設業協会  
D：土木研究センター

## 1.2.5 共同研究分科会の研究項目

### 第1分科会の研究項目

#### (1) 高耐食性金属材料被覆法の適用による長寿命、低コスト防食技術の確立

高耐食性金属材料(ステンレス, キュプロニッケル, モネル, チタンなど)を適用することで、施設の期待寿命内でのメンテナンスのミニマム化、および維持管理に要するトータルコスト低減の可能性を探究することを目的とした。

#### (2) 低合金系耐海水鋼材の実使用における優位性の確認、検討

裸使用時や塗装使用時において、低合金系耐海水鋼材が防食性、耐久性、および維持管理に要するトータルコストの観点で有利であるかどうかを探究することを目的とした。

注：低合金系耐海水鋼材は、試験経過とともに普通鋼に対する優位性が認められなくなり、本報告では単に低合金鋼と呼ぶこととし「耐海水鋼」の名称を削除した。

また、テーマ(2)の目的を「無防食鋼材の腐食速度や塗装防食被覆材の劣化機構を検討する」ことに設定し直した。

#### (3) 新規塗覆装材料および工法の実使用状態での確実性

1980年代に開発された、防食塗装と防食被覆の実海域での有用性を評価することを目的とした。

### 第2分科会の研究項目

海洋環境におけるコンクリート構造物の塩害対策は、(社)日本道路協会「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」や建設省の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」等により、技術的な対応は一応確立されている。

しかし、塩害対策の長期的な耐久性の確認、新材料を利用した防食技術、コンクリートの品質向上等、今後さらに研究していかなければならない課題も数多く残されている。

そこで、海洋環境下でも特に腐食条件が激しいと言われている飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術の確立を目的に研究を実施した。

#### (1) コンクリートの防食技術の基本に関する研究

①コンクリートのかぶりと配合：セメントの種類とかぶり及び水セメント比による防食効果を把握する。

②コンクリートの内部組織と防食性能の把握：コンクリートのポロシチーと水密養生による防食効果を把握する。

③腐食調査、補修技術の開発：腐食進行を経時的に把握し、補修材料の開発を促進する。

#### (2) コンクリート中の鋼材の防食技術に関する研究

①樹脂塗装鉄筋の実用化：樹脂の品質と施工性を確認する。

②PC鋼材の防塩処理材料の開発：ポリエチレンシースを開発し、防食性能を確認する。

#### (3) 耐海水コンクリート部材の設計技術に関する研究

①塗膜系被覆材の実用化：塗膜系被覆材の開発を促進する。

②含浸系材料の実用化：合浸系材料の開発を促進する。

③耐塩性コンクリートの開発：コンクリート用混和材料を開発する。

### 第3分科会塗装ワーキングの研究項目

海上で少なくとも数十年の耐久性を有することを目標とし、実海域での試験を体系的に行なうことで、高性能で信頼性の高い長期防錆塗装技術の開発を行なうことを目的として、下記課題の研究を行なった。

- (1) 腐食環境調査：暴露試験結果を解析するため、試験場所の腐食環境を把握する。
- (2) 新設塗装システムの研究：当時の長期防錆システム、および開発中の塗装システムの性能確認を行なう。
- (3) 施設本体の塗装システムの研究：施設本体を利用して、長期防錆塗装システムの耐久性の検証試験を行なう。
- (4) 施設本体の簡易塗替え塗装システムの研究：施設本体を利用した4種ケレン程度の素地調整による塗替え塗装・耐久性の検証試験を行なう。
- (5) 簡易塗替え塗装システムの研究：塗装鋼板を用いて4種ケレン程度の素地調整による塗替え塗装・耐久性の検証試験を行なう。

### 第3分科会電気防食ワーキングの研究項目

鋼管杭を用いた形状の複雑な構造物を対象に、海象条件の変化に対応する電気防食設計技術に関する研究を実施した。

なお、本章で記述した各分科会の研究項目は、共同研究開始時のものである。研究途中で内容の見直しや、新しいテーマを追加しているが、それについては各分科会の報告書で説明している。

#### 1.2.6 防錆防食技術開発委員会名簿

委員長	魚本 健人	(国研) 土木研究所理事長
顧問	蒔田 實	(一財) 土木研究センター参与
	守屋 進	元(独) 土木研究所材料資源研究グループ
委員	西崎 到	(国研) 土木研究所材料資源研究グループ上席研究員
	佐々木 巖	(国研) 土木研究所材料資源研究グループ主任研究員
	富山 禎仁	(国研) 土木研究所材料資源研究グループ主任研究員
	後藤 真一	(一社) 日本鉄鋼連盟経営政策本部市場開発グループ
	今福 健一郎	(一社) 日本鉄鋼連盟 (新日鐵住金株)
	松井 良典	(一社) 日本鉄鋼連盟 (J F E スチール株)
	上野 進一郎	(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会専務理事
	山口 光俊	(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会技術次長
	青山 敏幸	(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 (株ピーエス三菱)
	片脇 清	(一財) 土木研究センター化学技師長
	大澤 隆英	(一財) 土木研究センター (日本ペイント株)

#### 1.2.7 共同研究連絡調整会議名簿

佐々木 巖	(国研) 土木研究所材料資源研究グループ主任研究員
富山 禎仁	(国研) 土木研究所材料資源研究グループ主任研究員
櫻庭 浩樹	(国研) 土木研究所材料資源研究グループ研究員
今福 健一郎	(一社) 日本鉄鋼連盟 (新日鐵住金株)
松井 良典	(一社) 日本鉄鋼連盟 (J F E スチール株)
後藤 真一	(一社) 日本鉄鋼連盟経営政策本部市場開発グループ
三加 崇	(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 (三井住友建設株)
正木 守	(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会 (株富士ピーエス)
山口 光俊	(一社) プレストレスト・コンクリート建設業協会技術次長
岩瀬 嘉之	(一財) 土木研究センター (大日本塗料株)
後藤 宏明	(一財) 土木研究センター (関西ペイント株)
安波 博道	(一財) 土木研究センター材料・構造研究部長

### 1.2.8 共同研究第2分科会の担当者

西崎 到	国立研究開発法人 土木研究所
佐々木 巖	国立研究開発法人 土木研究所
富山 禎仁	国立研究開発法人 土木研究所
櫻庭 浩樹	国立研究開発法人 土木研究所
青山 敏幸	株式会社ピーエス三菱
岩本 靖	オリエンタル白石株式会社
梅本 洋平	オリエンタル白石株式会社
三加 崇	三井住友建設株式会社
山田 雅彦	株式会社富士ピー・エス
守屋 進	独立行政法人 土木研究所 (H24年3月31日まで)
石井 浩司	株式会社ピーエス三菱 (H22年3月31日まで)
大谷 悟司	オリエンタル白石株式会社 (H22年3月31日まで)
吉田 光秀	株式会社富士ピー・エス (H22年3月31日まで)
浅井 洋	三井住友建設株式会社 (H22年3月31日まで)
正木 守	株式会社富士ピー・エス (H27年3月31日まで)

※：所属は担当時のもの

### 1.3 海洋技術総合研究施設設置までの経緯

科学技術振興調整費による「海洋構造物による海洋空間等の有効利用に関する研究」において、昭和56年度(1981)にフィジビリティスタディが行われ、昭和57年度(1982)より研究が開始された。その中で「防食等による海洋構造物の耐久性向上技術」に関しては、建設省土木研究所化学研究室(現：国立研究開発法人土木研究所材料資源研究グループ)が中心となって研究を実施することとなり、海洋暴露試験施設の設置が計画された。

一方、建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所(現：国土交通省中部地方整備局静岡河川事務所)では、静岡県の駿河海岸および富士海岸において海岸浸食や高波による災害を防止するために海岸保全事業を行ってきているが、駿河海岸では海岸浸食がはげしいために浸食の機構と防止工法について詳細な調査を行う必要があると考えられ、そのための観測施設を必要としていた。

このような状況のもとで、研究施設は単に防食材料の暴露試験を行うだけでなく、総合的な海域の自然条件を調査し、沿岸の防災にも役立つ施設として計画された。施設の設置場所となる候補地の協力を得て、また土木研究所においても化学研究室、海岸研究室(現：国土交通省国土技術政策総合研究所海岸研究室)、コンクリート研究室(現：国立研究開発法人土木研究所材料資源研究グループ)が、この計画に参画した。

すなわち、海洋空間の利用をはかるための防食材料の暴露試験を行う場合、また海岸浸食を防止する場合でも、海上の風、波浪、潮流、水質、地形、地質などの自然条件をまず把握する必要がある。次に、海岸防災に関する研究、すなわち海岸への土砂供給現象、海浜変形等に対する対策用、および漂砂現象の解明等海岸浸食防止対策工法の開発のための研究がある。さらに、構造物の安定性に関して、鋼やコンクリート構造物の腐食が問題とされ、これらの技術開発用研究が必要であった。

本施設は、これら自然条件の観測を行い、その実態を把握するための海上観測施設としての機能も有している。このことから本施設は、海洋技術に関する総合的な研究・観測に利用される海洋技術総合研究施設となった。

計画時に検討された主要な研究項目は、以下のとおりである。

- ①海洋構造物の耐久性向上技術に関する研究
- ②自然環境条件の調査
- ③海岸浸食対策に関する調査研究
- ④海洋構造物の安定性に関する調査研究

以上の研究を推進するための適地の選定にあたり、大井川町(現：焼津市)、大井川町漁業協同組合(現：大井川港漁業協同組合)等の協力を得て、駿河海岸の静岡県志太郡大井川町高新田地先(沖合)を設置地点と決定した。

### 1.4 試験場所および試験施設

試験場所は、わが国の沿岸海域を代表する場所の一つとして選ばれた、駿河湾内の駿河海岸(静岡県焼津市高新田地先)沖合 250m である。海洋技術総合研究施設の概要を図-1.4.1、写真-1.4.1 に、設置位置を図-1.4.2 に示す。

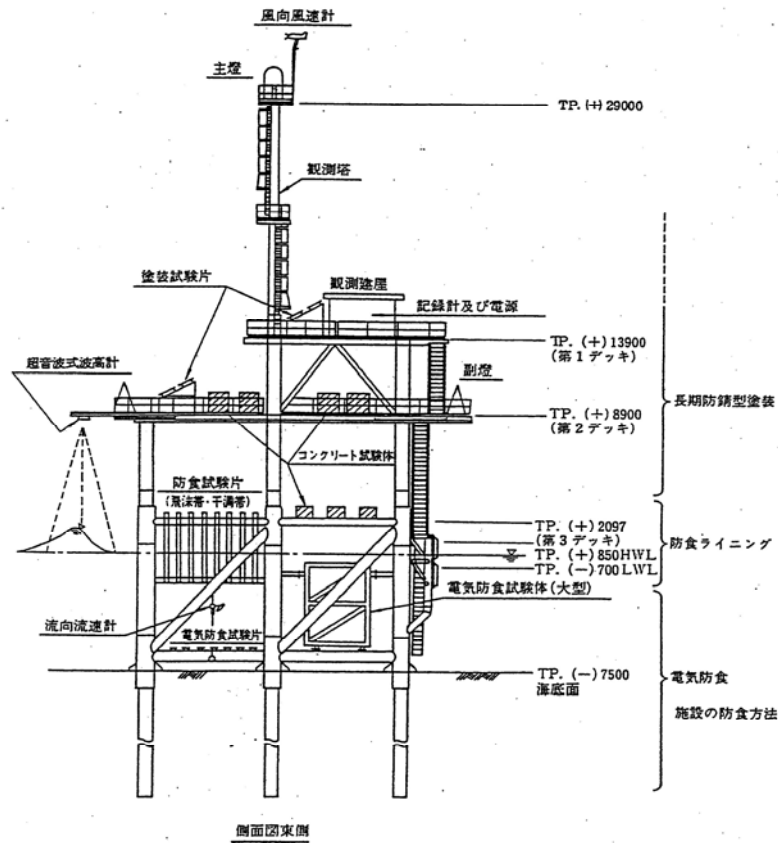


図-1.4.1 海洋技術総合研究施設の概要



写真-1.4.1 海洋技術総合研究施設



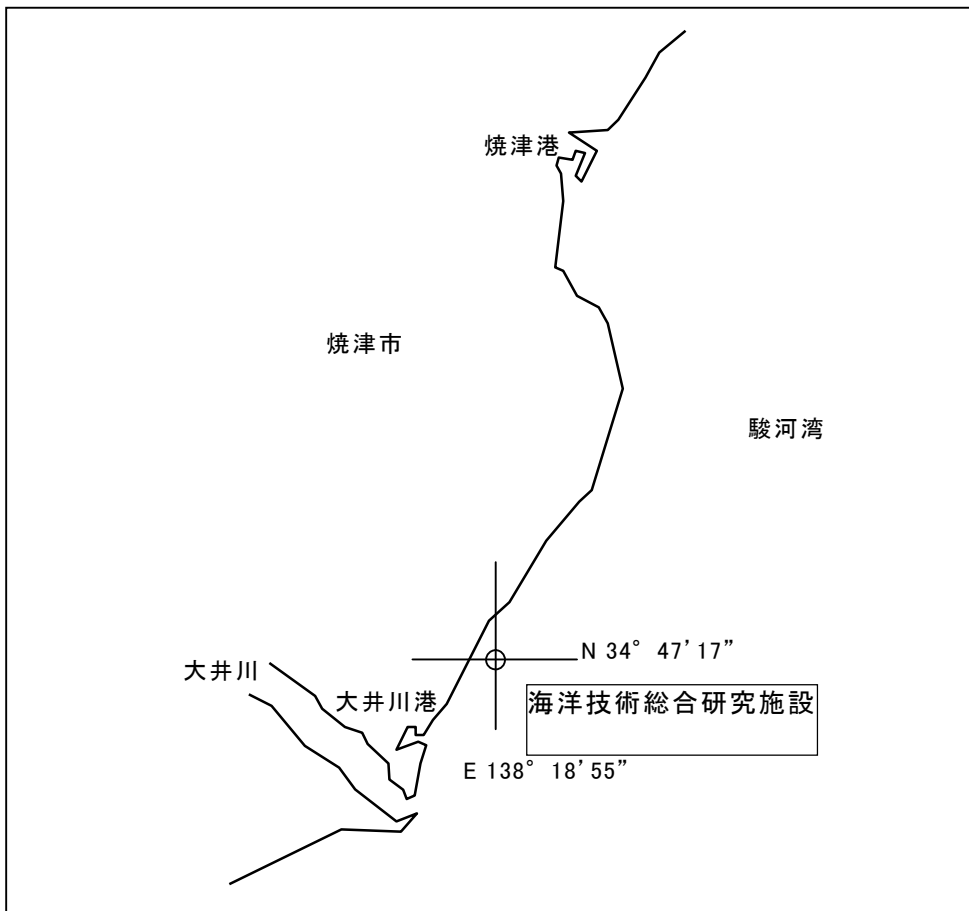
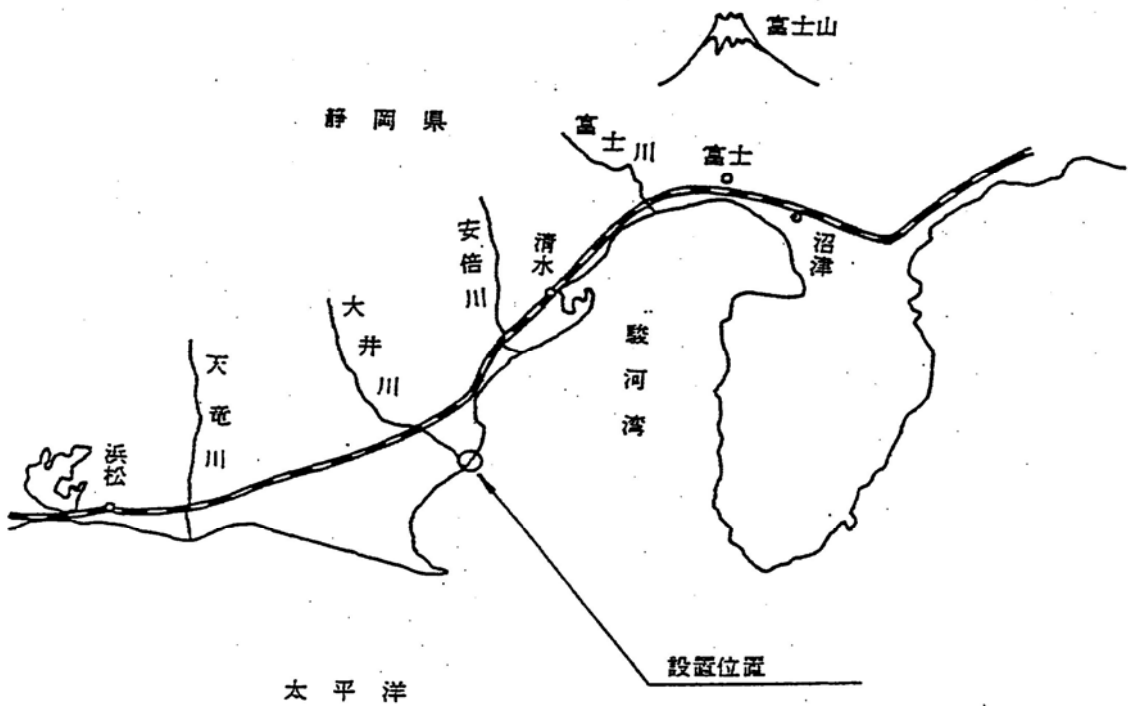


図-1.4.2 海洋技術総合研究施設の位置図

## 1.5 暴露試験環境

### 1.5.1 気象環境

駿河海岸近傍の気象データとして、ここでは気象庁御前崎測候所の観測記録を、**図-1.5.1**に示す。気温、湿度、日射量の季節変動や梅雨期の影響がわかる。

国内の海岸暴露場等との比較として、暴露施設付近に位置する気象庁観測拠点での記録を、**図-1.5.2~1.5.8**に海洋技術総合研究施設の設置から現在までについて示す。

平均気温は、年ごとの変化は少なく、沖縄が高く北海道は低く、本州については大きな相違はない。最高気温は、北海道ではやや低く、大都市域である東京で高くなることがある。最低気温は平均気温に似た高低差を示し、とくに冬季の気温が平均気温に影響を与えるものとみられる。

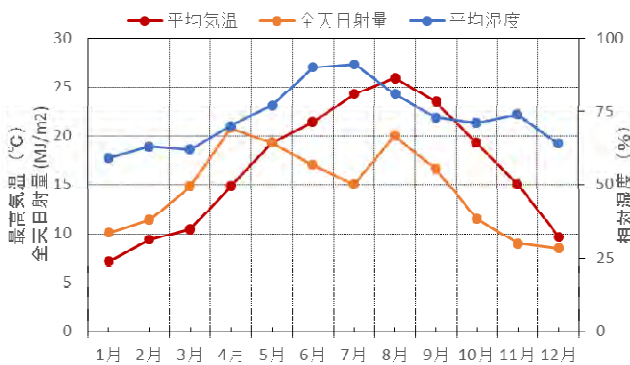


図-1.5.1 月間変動 (2009 御前崎)

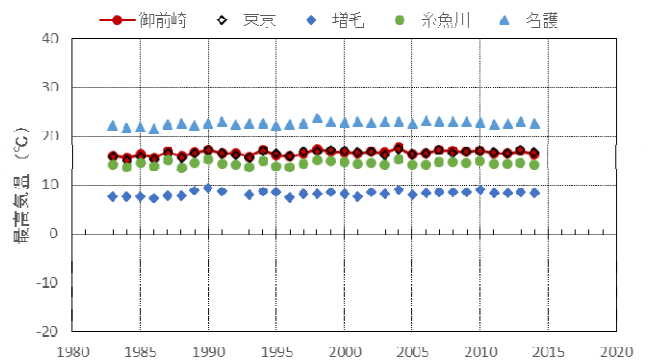


図-1.5.2 平均気温 (1983~2014)

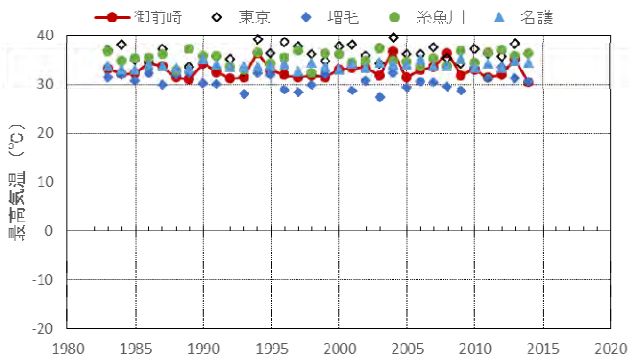


図-1.5.3 最高気温

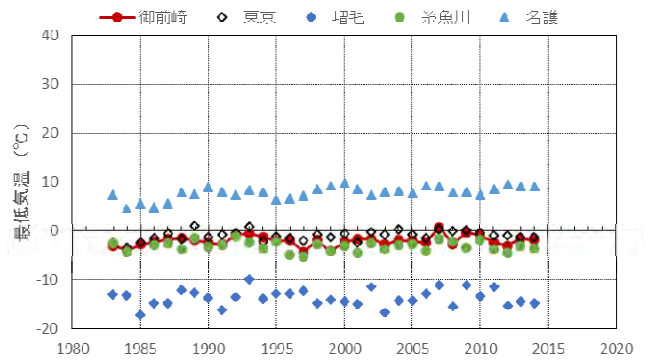


図-1.5.4 最低気温

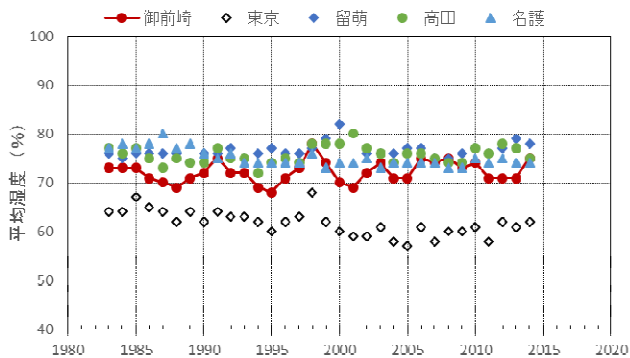


図-1.5.5 年平均湿度

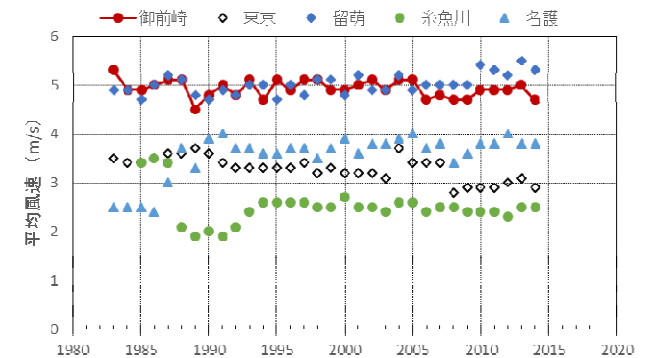


図-1.5.6 年平均風速

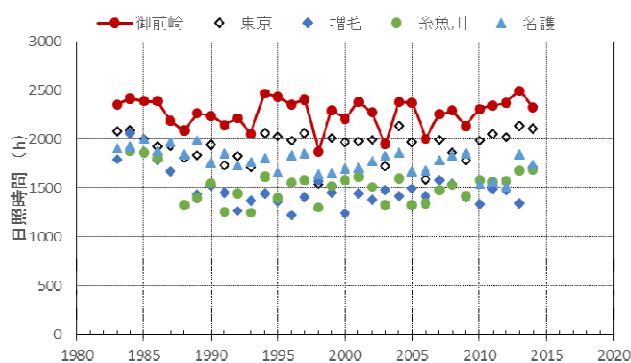


図-1.5.7 日照時間

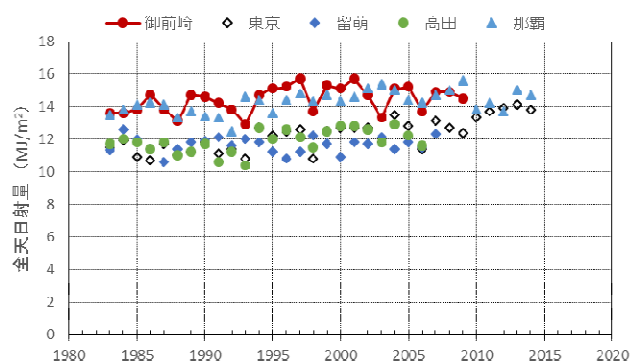


図-1.5.8 全天日射量

湿度は、海岸部での観測地が東京に比べて高い。平均風速は、気象観測地点の地理条件にもよるが、年平均でみると御前崎と沖縄の観測地が大きい。

日照時間は、図示した地点では御前崎が最も長く、晴天率の高い地域であることがわかる。このため、全天日射量は緯度が低く照度の大きな沖縄と並ぶ値を推移している。

### 1.5.2 腐食環境

海洋技術総合研究施設は、建設材料の耐久性試験を大きな目的に設置されたこともあり、外洋に面した飛来塩分の多い環境が選定されている。

ISO/TC156/WG4 では、規格の裏付けとなるデータベースを作成する目的で、1986年から13カ国49地域で5年間にわたり国際共同暴露試験を行った。わが国では、TC156 国内対策委員会のJWG4 委員を中心に調査研究委員会を設け、銚子、東京、駿河、沖縄の4カ所で暴露試験を行った。駿河海岸の当該施設の調査では、気温、湿度、濡れ時間（気温と湿度から推定）、亜硫酸ガスの測定、海塩粒子の測定設備（ISO ウエットキャンドル法、JIS ガーゼ法、土研式タンク法など）を用いて測定を行った<sup>1.5.1)</sup>。これらの環境調査ならびに鋼材の腐食量等の結果により、腐食因子と海面からの距離や気象との関係が明らかとなっている。腐食に対する影響の大きい飛来塩分は、風向と風力との関係があり、海面で飛沫が発生し飛来する。

これらの調査から、ISO 腐食環境分類基準（ISO12944-2）における環境腐食性の分類でカテゴリC4 (High)に認定されている。したがって、世界的にみた腐食環境の位置づけができている標準暴露地として活用できるようになっている。

土研式飛来塩分捕集器（タンク法）による調査結果から、1986～1989年度の調査結果<sup>1.5.2)</sup>を図-1.5.9に、2013～2015年度の調査結果を図-1.5.10に示す。一部の異常値を除き、0.1～数mddの範囲内にあり、土木研究所が過去に実施した飛来塩分の全国調査<sup>1.5.3)</sup>での東海地方の調査結果の範囲とも整合した値を示している。

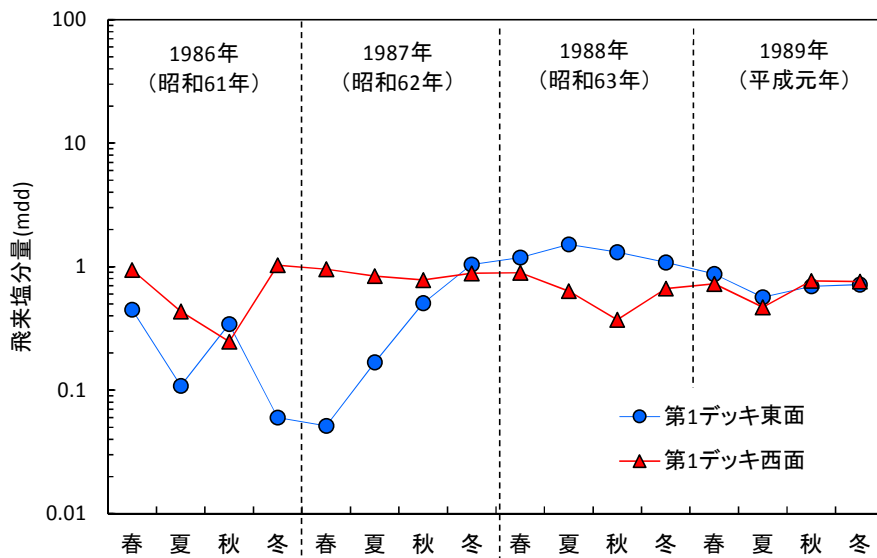


図-1.5.9 過去の調査結果の経時変動 (第1デッキの東西面)

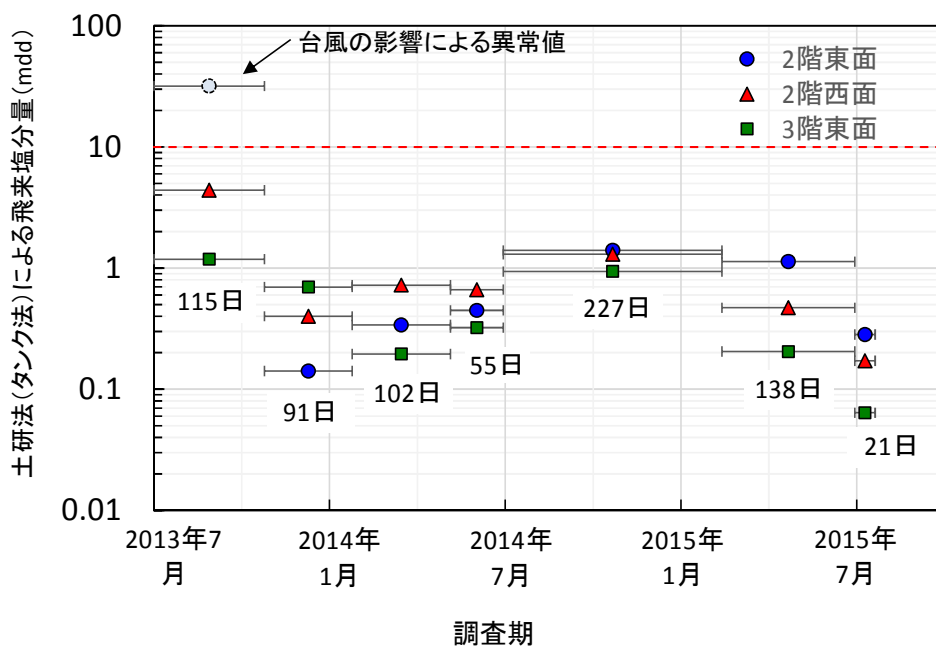


図-1.5.10 土研法 (タンク法) による飛来塩分量の経時変動

海洋環境では海面からの鉛直高さにより腐食環境が大きく異なり、海洋技術総合研究施設における過去の調査でも暴露デッキによる劣化進行の相違がみられている。海洋技術総合研究施設は鉛直方向に複数の暴露デッキを有しており、飛来塩分環境の比較調査が可能である。図-1.5.11は、モルタル薄片法<sup>1.5.4)</sup>による浸透塩分量に対する海面からの高さの影響を示す。海面からの高さが約2mである第3デッキの浸透塩分量が7.87mdd および10.71mddと最も大きく、海面からの高さ10m以上では、0.067~0.524mddの範囲の値を示した。

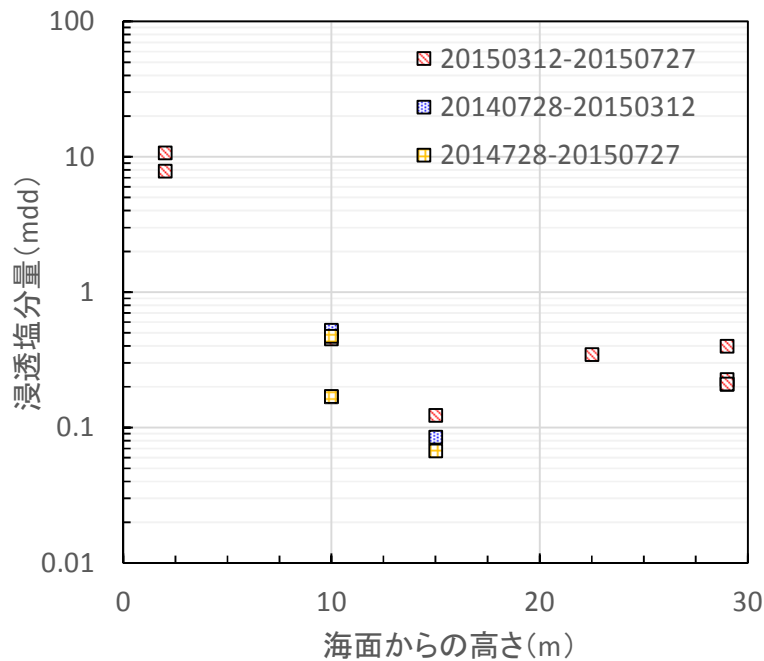


図-1.5.11 モルタル薄片法による浸透塩分量に対する海面からの高さの影響

### 1.5.3 海岸環境

施設の概要は図-1.4.1に示したとおりであり、付近の水深は約7.5m、海底は砂質で季節によって海底面の高さは若干変動している。

駿河海岸には、海洋技術総合施設設置時には近傍に離岸堤はなかったが、現在では一帯に各種の離岸堤が整備され、それとともに同施設にあった静岡河川事務所の波高観測機器は沖合の海底設置型のものに変更されている。離岸堤の整備により、海底地形や碎波の状況はいくらか変化している可能性もある。

参考文献：

- 1.5.1) 土木研究所ほか：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書－海洋暴露20年の総括報告書－，第345号，pp.55-58，2006.
- 1.5.2) 土木研究所：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書（海上大気中の長期防錆塗装技術に関する研究 第3分科会 塗装部会）－暴露期間10年後の研究結果－，第143号 pp.17-23，1995.
- 1.5.3) 土木研究所：建設省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報告書（第一編）」，pp.76-78，1988.
- 1.5.4) 佐伯竜彦、能勢陽祐、菊地道生：薄板モルタル供試体を用いたマイクロ塩害環境評価手法に関する基礎的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，pp.803-808，2011.

## 2. 研究項目および試験体の概要

### 2.1 研究項目

海洋環境におけるコンクリート構造物の塩害対策は、(社)日本道路協会の「道路橋の塩害対策指針(案)・同解説」や建設省の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」等により、技術的な対応は一応確立されている。

しかし、塩害対策の長期的な耐久性の確認、新材料を利用した防食技術、コンクリートの品質向上等、今後さらに研究していかなければならない課題も数多く残されている。

そこで、海洋環境下でも特に腐食条件が激しいと言われている飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術の確立を目的に研究を実施した。具体的な研究項目およびそれらの内容は、表-2.1.1に示す。

表-2.1.1 研究項目と内容

大項目	中項目	小項目	内容
飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究	コンクリートの防食技術の基本	コンクリートのかぶり と配合	セメントの種類とかぶり及び水セメント比による防食効果を把握する。
		コンクリートの内部組織と防食性能の把握	コンクリートのポロシティと水密養生による防食効果を把握する。
		腐食調査と補修技術の開発	腐食進行を経時的に把握し、補修材料の開発を促進する。
	コンクリート中の鋼材の防食技術	樹脂塗装鉄筋の実用化	樹脂の品質と施工性を確認する。
		P C 鋼材の防塩処理材料の開発	ポリエチレンシースを開発し、防食性能を確認する。
	耐海水コンクリート部材の設計技術	塗膜系塗料の実用化	塗膜系塗料の開発を促進する。
		含浸系塗料の実用化	含浸系塗料の開発を促進する。
		耐塩性コンクリートの開発	コンクリート用混和材料を開発する。









## 2.2.2 暴露試験体諸元

### (1) コンクリート材料

使用したセメントは、JIS R 5210 (1979) に準拠した普通ポルランドセメント、早強ポルランドセメントおよび JIS R 5211 (1979) に準拠した高炉セメント B 種である。コンクリートの配合、高炉セメントの試験成績書を表-2.2.4、2.2.5、骨材試験成績を表-2.2.6 に、骨材粒度試験を図-2.2.1 に示す。

### (2) 鋼材

鉄筋は JIS G 3112 (1978) に準拠したものを、PC 鋼より線は JIS G 3536 (1981) に準拠したものを、使用した鋼材は以下の通りである。

鉄筋

SR24 :  $\phi 6$ ,  $\phi 9$

SD30 : D6, D10, D13

PC 鋼材

PC 鋼より線 : 9.3mm, 12.4mm, 12.7mm, 15.2mm, 17.8mm, 21.8mm

表-2.2.4 コンクリートの示方配合

セメント種類	配合記号	水セメント比 w/c (%)	細骨材率 S/a (%)	気温 ( $^{\circ}$ C)	コンクリート温度 ( $^{\circ}$ C)	実測スランプ (cm)	実測 air (%)	コンクリートの示方配合表 ( $kg/m^3$ )						材令 28日の 圧縮強度
								セメント	水	細骨材	粗骨材	マイテイ 150 MT	A E 剤 AER	
普通ポルランド NP	Case-1	40	38	15	16	6.5	3.6	405	162	667	1,147	405	CC 203	496
普通ポルランド NP	Case-2	50	42	19	20	6.8	3.5	308	154	780	1,135	308	CC 123	378
早強ポルランド VP	Case-3	40	38	15	16	6.8	3.5	415	166	659	1,133	415	CC 187	520
早強ポルランド VP	Case-4	50	42	15	15	6.8	3.8	316	158	772	1,122	316	CC 126	427
高炉 B SPB	Case-5	50	42	13	15	8.0	4.0	310	155	774	1,125	310	CC 124	311
早強ポルランド シリカフェーム	Case-6	33.7	38	19	20	18.0	4.5	415	140	667	1,147	マイクロイト 41.5	vinse1 CC 208	773
早強ポルランド ボステン $\sigma_{ek} = 400$	Case-7	4.5	39	17	15	6.8	3.6	360	162	699	1,152	360	CC 162	477
早強ポルランド ブレテン $\sigma_{ek} = 500$	Case-8	38	40	15	16	6.7	3.4	420	158	713	1,123	420	CC 294	526

表-2.2.5 高炉セメントの試験成績書

種類	比重	比表面積 (ブレ方法) ( $cm^2/g$ )	凝 結					
			室温 ( $^{\circ}C$ )	湿度 (%)	水量 (%)	始発 (h-min)	終結 (h-min)	
B 種	3.05	3,600	20.0	91	28.8	3-05	4-03	
JIS R 5211 (1979)	B 種	-	3,000以上	20±3	80以上	-	60min以上	10h以下
種類	安定性 (煮沸方法)	酸化マグ ネシウム (%)	三酸 化 硫 黄 (%)	強熱減量 (%)	フロー値 (mm)	曲げ強さ ( $kgf/cm^2$ )		
						3 d	7 d	28 d
B 種	良	3.8	1.5	1.0	268	26	39	69
JIS R 5211 (1979)	B 種	良	6.0以下	4.0以下	3.0以下	-	-	-
種類	圧縮強さ ( $kgf/cm^2$ )			養生温度 ( $^{\circ}C$ )				
	3 d	7 d	28 d	室温	水温			
B 種	103	198	406	21	20			
JIS R 5211 (1979)	B 種	60以上	120以上	290以上	20±3	20±2		

表-2.2.6 骨材試験成績表

試験項目	比 重	単位重量 ( $kg/m^3$ )	実績率 (%)	吸水量 (%)	洗い試験 (%)	有機 不純物
細 骨 材	2.62	1,670	65.0	2.01	2.12	合格
粗 骨 材	2.76	1,674	61.1	0.72	0.64	-

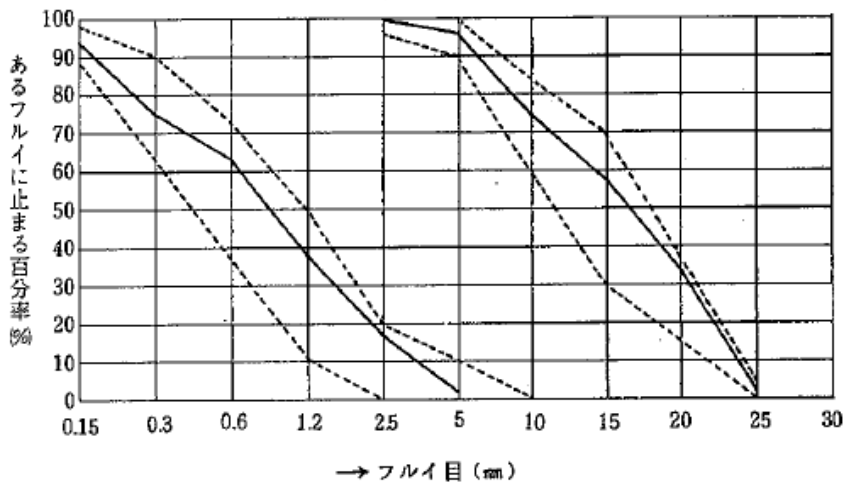


図-2.2.1 骨材粒度試験

### (3) 防食鋼材

防食鋼材として、エポキシ樹脂鉄筋、亜鉛メッキ鉄筋を使用した。暴露試験体製作当時のエポキシ樹脂鉄筋の品質管理基準を表-2.2.7に、鉄筋の品質を表-2.2.8に示す。

使用したエポキシ樹脂は、日本製造メーカ3社（粉体塗装鉄筋1,2,3）と比較として海外製造メーカ1社を選定した。また、欠陥品を想定して塗装鉄筋にクラックおよびピンホールを人工的に設けた。各製造メーカの検査成績書を表-2.2.9に示す。

亜鉛めっき鉄筋は、JIS H 8641(1978)に従ってめっきを行った鋼材を使用した。表-2.2.10、表-2.2.11に亜鉛めっき付着量等試験結果および亜鉛めっき処理内容を示す。

表-2.2.7 エポキシ樹脂鉄筋の品質管理基準

工 程	管理項目	管 理 基 準	管 理 方 法	処 理 条 件
プラスト処理	外 観	SIS Sa 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 以上	目 視	SIS Sa 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
	表面粗度	40~60μm	プレスローフィルム	45μm
予 熱	鉄筋温度	塗料メーカーとの協議	表面温度計	
静電粉体塗装	静 電 圧	40~75KV	コントローラー	60KV
後 加 熱	温 度	塗料の種類により実施	温 度 計	—
水 冷				
検 査	外 観	はがれ、傷がないこと	目 視	検査成績表に記入
	塗 膜 厚	180±50μm(平坦部)	電磁式膜厚計	
	ピンホール	5ヶ/m以下	乾式ホリデー テスター(1000V)	
	曲げ加工性	曲率4Dd(5℃、180度)	鉄筋曲げ機	
	塗膜硬度	鉛筆硬度F以上	鉛 筆	

表-2.2.8 鉄筋の品質

寸 法	長さ (m)	員数 (本)	重量 (kg)	化 学 成 分 (%)					引 張 試 験			曲げ試験 180° DX4
				C ×100	Si ×100	Mn ×100	P ×1000	S ×1000	降伏点 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張強さ ~63.0	伸 び (%)	
青色塗装D10	6.0	20	67	25	23	69	32	38	37.9	55.4	24.0	合 格
" D13	6.0	40	239	20	19	72	29	26	34.2	51.2	27.2	合 格
" φ9	6.0	90	269	11	11	47	28	37	35	48	35	合 格

表-2.2.9 各社のエポキシ樹脂仕様

塗料 K社 ブルー (粉体塗装 1 : B001, B002, B013)

加工日	サイズmm		検査本数 本/全体数	外観 有害な欠陥 なきこと	膜厚			ピンホール 1,000V ≤5ヶ/m	曲げ加工性 5℃ 4Dd×180°	硬度 (皮膜) ≥2H	備考
	径	長さ			平均	最大	最小				
4/6	9	5,500	1/23	Good	176	130	230	1.2	Good	2H	予熱温度 245℃
	D10	6,000	1/4	Good	172	130	230	1.7	Good	2H	
	D13	5,500	1/11	Good	176	130	230	1.9	Good	2H	

塗料 N社 ブルー (粉体塗装 2 : B003, B004, B014)

加工日	サイズmm		検査本数 本/全体数	外観 有害な欠陥 なきこと	膜厚			ピンホール 1,000V ≤5ヶ/m	曲げ加工性 5℃ 4Dd×180°	硬度 (皮膜) ≥2H	備考
	径	長さ			平均	最大	最小				
4/6	9	5,500	1/23	Good	196	230	160	0.8	Good	2H	予熱温度 230℃
	D10	6,000	1/4	Good	192	230	150	1.3	Good	2H	
	D13	5,500	1/11	Good	181	230	140	2.2	Good	2H	

塗料 D社 ブルー (粉体塗装 3 : B0005, B006, B015, B016)

加工日	サイズmm		検査本数 本/全体数	外観 有害な欠陥 なきこと	膜厚			ピンホール 1,000V ≤5ヶ/m	曲げ加工性 5℃ 4Dd×180°	硬度 (皮膜) ≥2H	備考
	径	長さ			平均	最大	最小				
4/6	9	5,500	1/23	Good	175	230	140	0.7	Good	2H	予熱温度 240℃
	10	6,000	1/4	Good	195	220	160	1.7	Good	2H	
	13	5,500	1/11	Good	170	220	130	1.3	Good	2H	

塗料 S社 (粉体塗装 3 M : B017, B018)

加工日	サイズmm		検査本数 本/全体数	外観 有害な欠陥 なきこと	膜厚			ピンホール 1,000V ≤5ヶ/m	曲げ加工性 5℃ 4Dd×180°	硬度 (皮膜) ≥2H	備考
	径	長さ			平均	最大	最小				
4/6	9	5,500	1/5	Good	186	230	150	0.7	Good	2H	予熱温度 230℃
	13	6,000	1/3	Good	191	230	140	1.3	Good	2H	

表-2.2.10 亜鉛めっき付着量等試験結果

めっき仕様 JIS H 8641 HDZ 55(旧 55C)

試験方法 JIS H 0401 に準拠

番号	供試材	めっき付着量試験						硫酸銅 試験 6回	密着性	備考
		試験片					めっき付着量			
		寸法	めっき面積	重量 g						
mm	cm <sup>2</sup>	試験前(A)	試験後(B)	(A) - (B)						
1	RB 9	203.1	57.4	101.93	96.34	5.59	974	合格		
2	"	208.4	58.9	104.93	99.31	5.62	954	合格		
3	D 13	205.7	82.3	199.60	193.06	6.54	795	合格		
4	"	201.0	80.4	195.10	188.47	6.63	825	合格		

表-2.2.11 亜鉛めっき処理内容

工程	使用薬剤	標準条件		処理条件	備考
		項目	基準		
脱脂	ライトクリン #1010 :カセイソーダ (1:1)	濃度	40~90 g/l	50 g/l	
		温度	50~80 ℃	60 ℃	
		時間	10~90 分	10 分	
水洗	—	—	—	—	
酸洗	硫酸 (抑制剤添加)	濃度	7~25 %	— %	
		温度	50~60 ℃	— ℃	
		時間	20~60 分	— 分	
	塩酸 (抑制剤添加)	濃度	7~25 %	16.5 %	
		温度	35 ℃以下	32 ℃	
		時間	20~60 分	25 分	
水洗	—	—	—	—	
フラックス 処理	塩化亜鉛: 塩化アンモニウム (1:3)	比重	1.120~1.150	1.150	
		温度	45~60 ℃	50 ℃	
		P H	4.8~5.5	5.0	
めっき	亜鉛	濃度	97.5%以上	98.7 %	
		温度	430~475 ℃	450 ℃	
		時間	秒	180 秒	
水冷	—	温度	30~85 ℃	55 ℃	

#### (4) ポリエチレンシース

使用したポリエチレンシースの性能を表-2.2.12に示す。

表-2.2.12 ポリエチレンシースの性能

項 目		試料の採り方	性 能	試 験 方 法	
材 料 の 常 温 引 張	引張強さ $\text{Kg}/\text{mm}^2$	1000 m および その端数ごとに1 個	1.5 以上	JISC 3005の16 に準拠する。	
	伸 び $\%$		350 以上		
完 成 品	外 観 構 造		1000 m および その端数ごとに1 個		外観検査 寸法検査
	圧 縮 強 度			12.5 トン/ $\text{m}^2$ にて 管に裂け目を生せず、かつ管の外径 が20%以上減少 しないこと。	平行平版(長さ200 mm)間にはさみ、圧縮 試験機により圧縮する。
	屈 曲 性	異常のないこと。		外径の20倍の曲率で 180°曲げを3回行う。	

#### (5) コンクリート塗装

コンクリート塗装は、コンクリート表面から劣化因子が浸透するのを抑制する表面保護を目的として、以下に示す4種類の材料を使用している。塗装材料の仕様を表-2.2.13に示す。

- ・道路橋の塩害対策指針(案)A種 (1種類)

海岸地域において標準的に用いられるもので、ひび割れ発生頻度が極めて少ないプレストレストコンクリート部材に一般的に用いる。塗膜の耐久性および遮塩性に優れるエポキシ樹脂塗料を中塗りとして用い、耐久性および耐候性に優れるポリウレタン樹脂塗料を上塗りする塗装系。

- ・道路橋の塩害対策指針(案)B種 (2種類)

鉄筋コンクリートに多少のひび割れを生じる恐れのある場合に、主として適用する。遮塩性に加えて塗膜柔軟性を付与するために柔軟型のエポキシ樹脂(またはポリウレタン樹脂塗料)を中塗りに用い、柔軟性を有しながら耐候性にも優れる柔軟型のポリウレタン樹脂塗料を上塗りとする塗装系。

- ・道路橋の塩害対策指針(案)C種 (2種類)

塗装足場等の関係で塗替えが困難な場合や、塩害に対する環境条件が特に厳しい地域に設置される構造や、飛沫等のかかり具合を考慮して同一部材であっても特に塗分けを必要とする場合に用いる。中塗りの塗装膜厚を特に厚くしており、しかも塗膜自体も改質しているので、遮塩性のみならず酸素遮断性能も優れる。

- ・次世代塗装 (10種類)

道路橋の塩害対策指針(案)に規定されていない塗装系。

表-2.2.13 塗装材料の仕様

供試材料の系統	第1層	バテ	第2層	第3層	第4層	
A種の塗装系	エポキシ樹脂プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	エポキシ樹脂/バテ 必要量, (-)	エポキシ樹脂塗料中塗 260g/m <sup>2</sup> , (60μ)	ポリウレタン樹脂塗料上塗 120g/m <sup>2</sup> , (30μ)		
B種の塗装系 (柔軟型エポキシ系)	エポキシ樹脂プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	エポキシ樹脂/バテ 100g/m <sup>2</sup> , (-)	柔軟型エポキシ樹脂 塗料中塗 230g/m <sup>2</sup> , (60μ)	柔軟型ポリウレタン樹脂 塗料上塗 125g/m <sup>2</sup> , (30μ)		
B種の塗装系 (柔軟型ポリウレタン系)	エポキシ樹脂プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	エポキシ樹脂/バテ 300g/m <sup>2</sup> , (-)	柔軟型ポリウレタン樹脂 塗料中塗 260g/m <sup>2</sup> , (60μ)	柔軟型ポリウレタン樹脂 塗料上塗 120g/m <sup>2</sup> , (30μ)		
C種の塗装系 (厚膜型エポキシ系)	エポキシ樹脂プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	エポキシ樹脂/バテ 100g/m <sup>2</sup> , (-)	厚膜型エポキシ樹脂 塗料中塗 780g/m <sup>2</sup> , (350μ)	ポリウレタン樹脂塗料 上塗 125g/m <sup>2</sup> , (30μ)		
C種の塗装系 (ビニルエステル系)	エポキシ樹脂プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	エポキシ樹脂/バテ 300g/m <sup>2</sup> , (-)	厚膜型ビニルエステル 樹脂塗料中塗 1000g/m <sup>2</sup> , (350μ)	ポリウレタン樹脂塗料 上塗 120g/m <sup>2</sup> , (30μ)		
次世代材料の 評価	超厚膜型エポキシ系	エポキシ樹脂プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	エポキシ樹脂/バテ 100g/m <sup>2</sup> , (-)	超厚膜型エポキシ樹脂 塗料中塗 2000g/m <sup>2</sup> , (1000μ)	ポリウレタン樹脂塗料 上塗 125g/m <sup>2</sup> , (30μ)	
	超厚膜型ウレタン系	湿気硬化型ポリウレタン 樹脂プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	エポキシ樹脂/バテ 必要量, (-)	超厚膜型ポリウレタン樹脂 塗料中塗 850g/m <sup>2</sup> , (500μ)	同左	ポリウレタン樹脂塗料上塗 120g/m <sup>2</sup> , (30μ)
	変性エポキシ系	エポキシ樹脂プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	エポキシ樹脂/バテ 必要量, (-)	特殊エポキシ樹脂塗料中塗 920g/m <sup>2</sup> , (500μ)	同左	ポリウレタン樹脂塗料 上塗 120g/m <sup>2</sup> , (30μ)
	セメント系					
	ウレタン系					
	シリコンゴム系					
	アクリルゴム系					
	無機材料	無機質プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	エポキシ樹脂/バテ 100g/m <sup>2</sup> , (-)	無機質塗料中塗 150g/m <sup>2</sup> , (30μ)	無機質塗料上塗 100g/m <sup>2</sup> , (30μ)	
有機無機複合材料	有機無機複合塗料用プライマー 100g/m <sup>2</sup> , (-)	有機無機複合塗料用バテ 300g/m <sup>2</sup> , (-)	有機無機複合塗料中塗 100g/m <sup>2</sup> , (400μ)	ポリウレタン樹脂塗料上塗 100g/m <sup>2</sup> , (30μ)		



### (6) 含浸系塗装

含浸系塗装は、コンクリート表層に塗料を含浸させることによりコンクリート中に塩化物イオンの侵入抑制させることを目的として、7種類の材料を使用した。使用材料の仕様を表-2.2.14に示す。

塗装系統	第1層	第2層	第3層	第4層	第5層
シリコン系1	変性アルキルシリコン樹脂, 90	← 同左 90	← 同左 90	← 同左 90	← 同左 90
アクリル系1	アクリル樹脂ステアリン酸金属塩, 240	← 同左 240	特殊アクリル樹脂, 270	—	—
シリコン系2	シリコン化合物, 150	← 同左 150	湿気硬化型ウレタン樹脂, 150	← 同左 150	—
有機無機複合系	有機無機複合プライマ, 140	← 同左 140	有機無機複合材料, 200	—	—
アクリル系2	アクリルモノマプライマ, 100	← 同左 100	フッ素化アクリル樹脂 100	—	—
ビニルエステル系	脂肪酸ステロール樹脂, 230	← 同左 160	← 同左 90	アクリル樹脂, 160	—
ポリエステル系	変性ポリエステル共重合樹脂, 40	← 同左 40	特殊変性ポリエステル共重合樹脂, 80	← 同左 80	—

表-2.2.14 使用材料の仕様 (単位: g/m<sup>2</sup>)

## 2.2.3 試験体

### (1) 形状・寸法

暴露試験体の形状・寸法を表-2.2.15 および図-2.2.2～2.2.10 に示す（詳細は資料-1）。

表-2.2.15 暴露試験体の形状・寸法

種類		数量	形状・寸法(mm)	試験種類
プレテンション方式小型試験体		42 体	200×200×1200	基準
鉄筋コンクリート小型試験体		90 体		防食 腐食
プレテンション方式中型試験体		4 体	300×300×2000	基準
ポストテンション方式中型試験体		6 体		防食・腐食
鉄筋コンクリート中型試験体		6 体		基準
プレテンション方式 大型試験体	JIS A 5316 型	3 体	750×350×600×5000	腐食
	スラブ型	1 体	600×700×400×5000	
	S・T 型	1 体	1200×350×800×5000	
ポストテンション方式大型試験体		1 体	1200×350×800×5000	

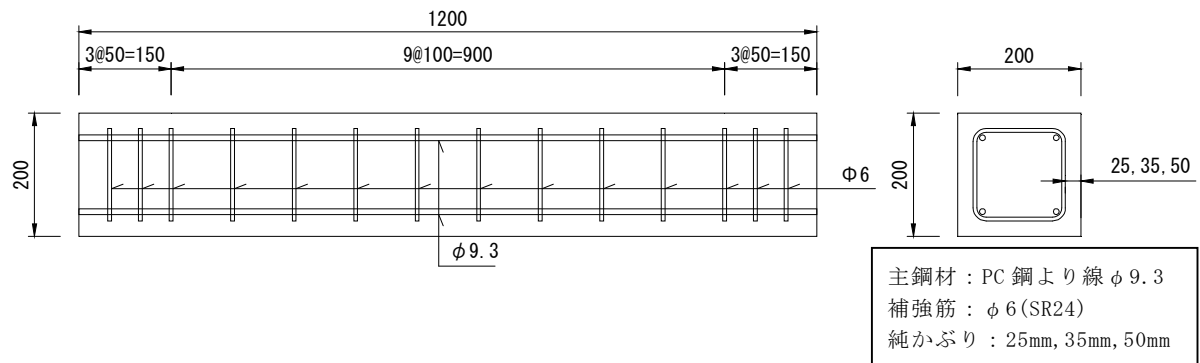


図-2.2.2 試験体形状（プレテンション方式小型試験体）

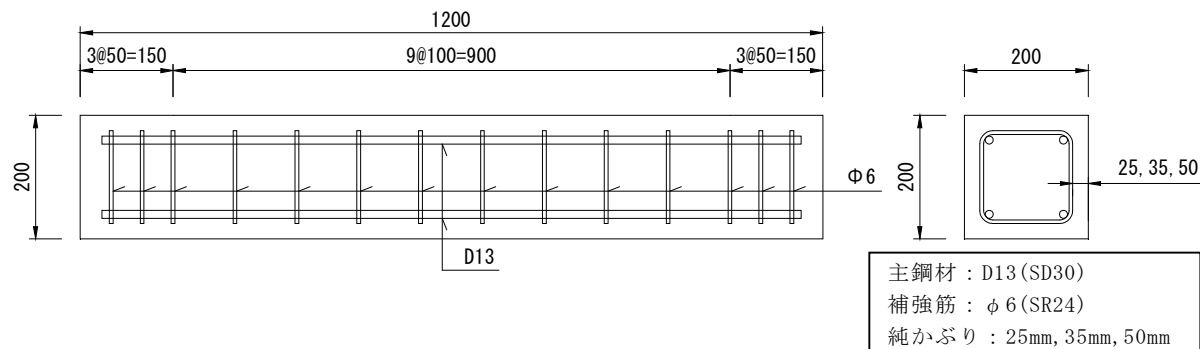


図-2.2.3 試験体形状（鉄筋コンクリート小型試験体）

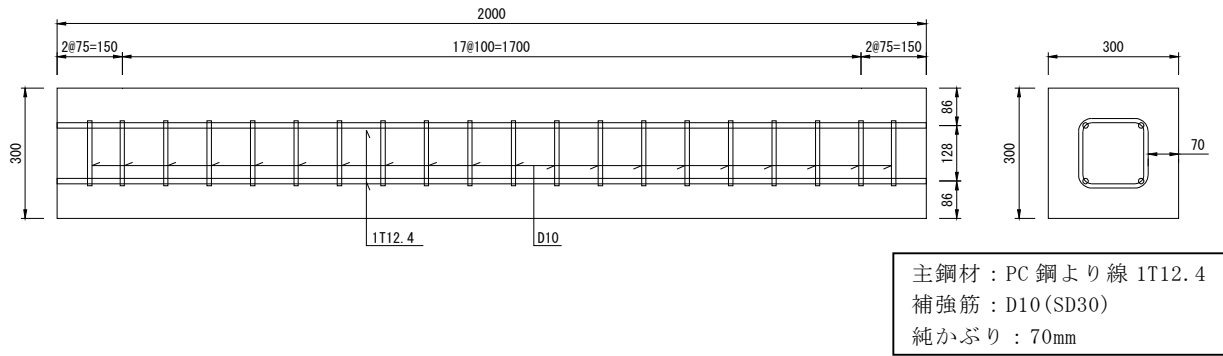


図-2.2.4 試験体形状（プレテンション方式中型試験体）

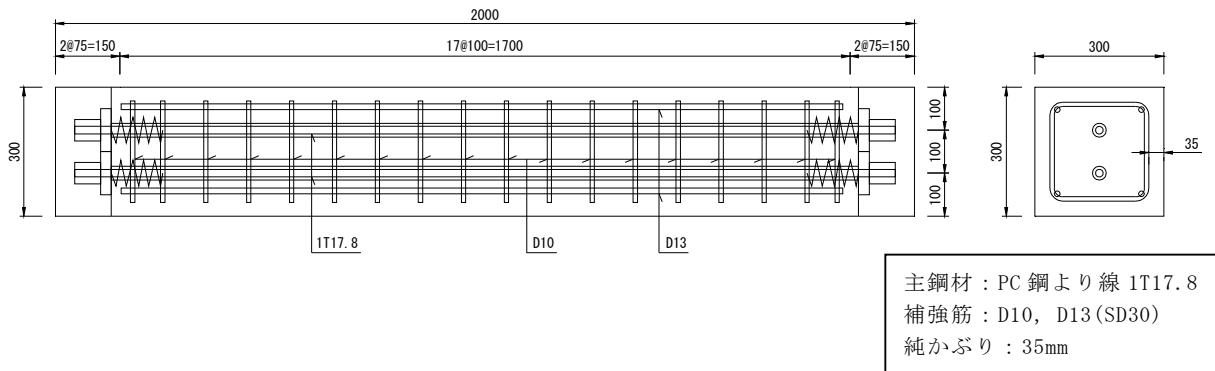


図-2.2.5 試験体形状（ポストテンション方式中型試験体）

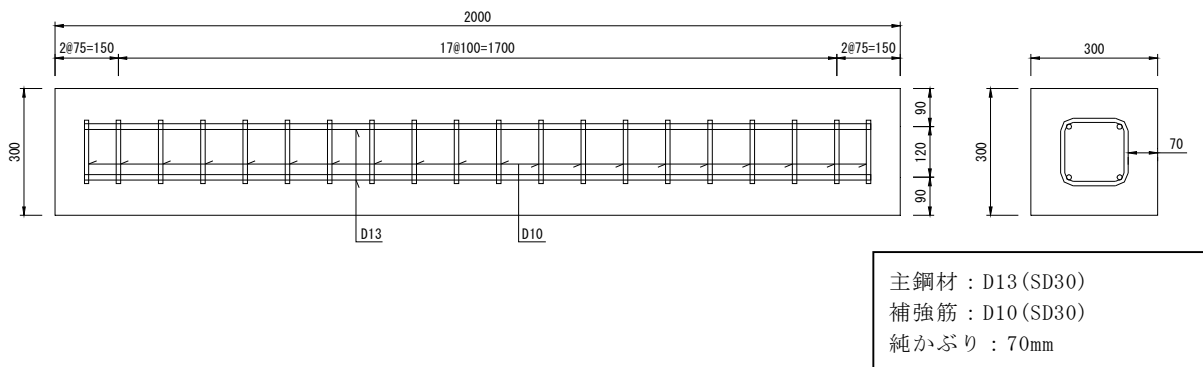


図-2.2.6 試験体形状（鉄筋コンクリート中型試験体）

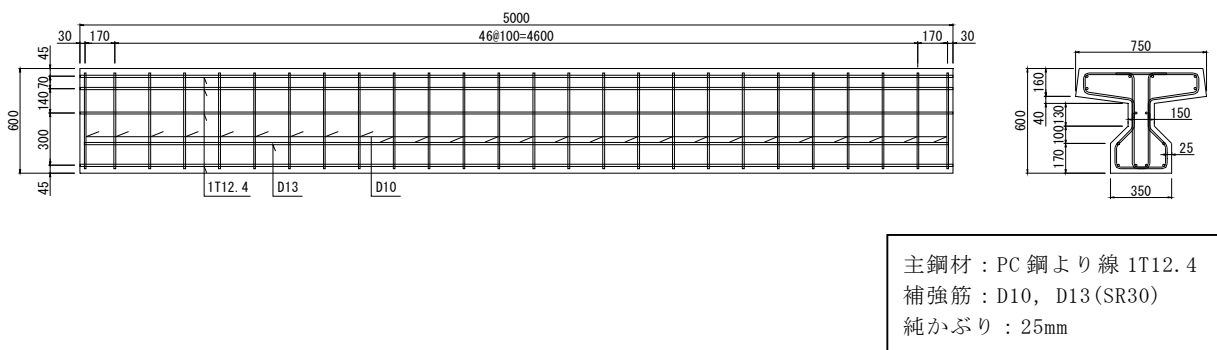


図-2.2.7 試験体形状（プレテンション方式大型試験体 JIS A 5316 型）

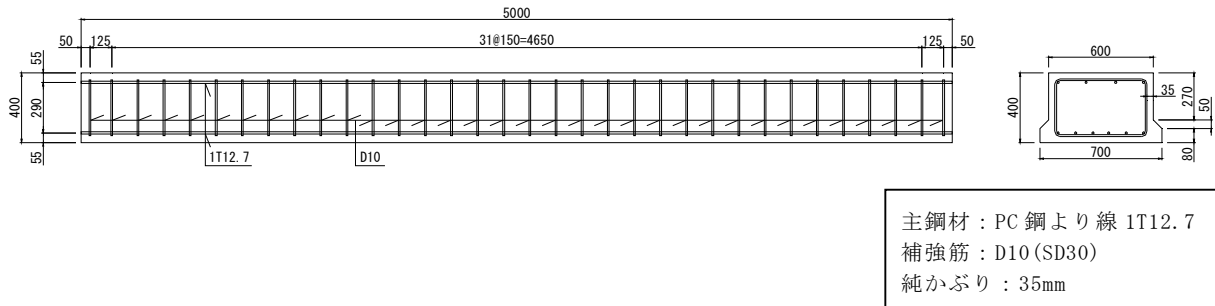


図-2.2.8 試験体形状（プレテンション方式大型試験体 スラブ型）

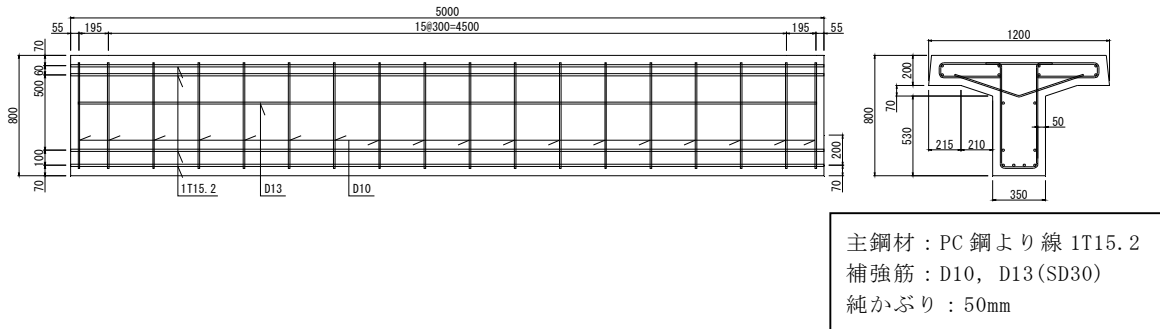


図-2.2.9 試験体形状（プレテンション方式大型試験体 S・T型）

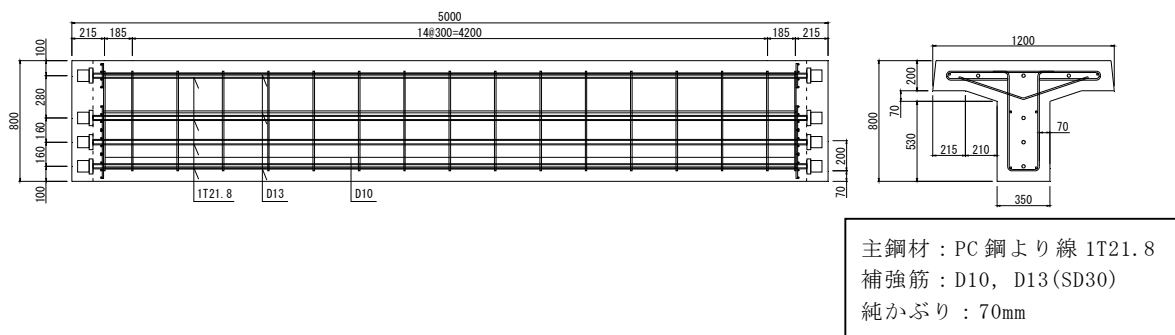


図-2.2.10 試験体形状（ポストテンション方式大型試験体）

## (2) 曲げひび割れ（鉄筋応力度）導入試験体

曲げひび割れが、内部鉄筋の腐食に及ぼす影響を確認するため、図-2.2.11 に示すように、2体の試験体を用いて中央に支点を設置した状態で拘束用のボルトを締め付けることで曲げひび割れを導入した。鉄筋が所定の応力度となるように、拘束用ボルトに張力を与えた。

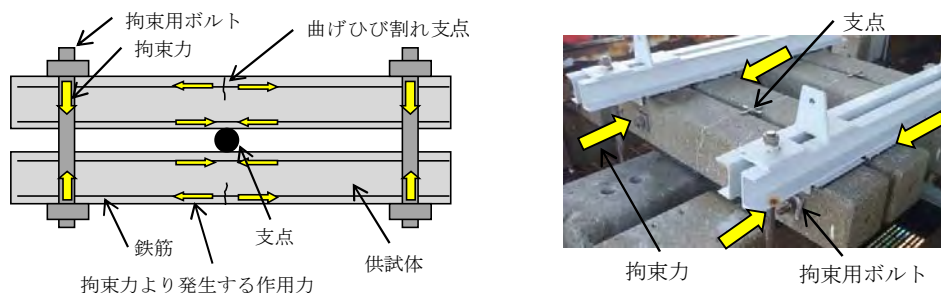


図-2.2.11 曲げひび割れ導入方法

### 2.2.4 暴露試験体の設置位置

試験体は、海洋技術総合研究施設内の第2デッキ、第3デッキの図-2.2.12に示す場所に設置した。

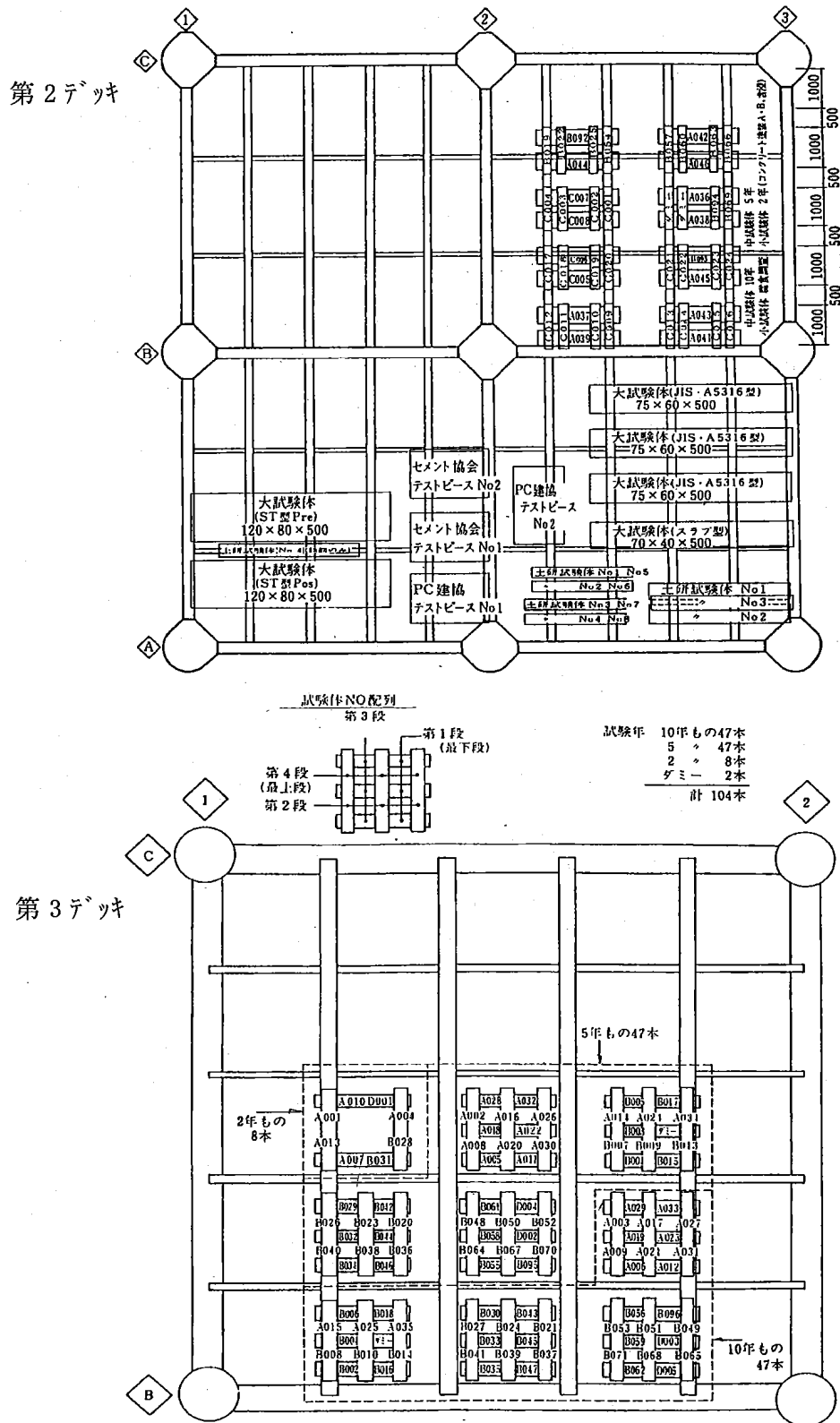


図-2.2.12 暴露試験体の設置位置

### 3. 調査項目および調査方法

#### 3.1 調査項目

暴露 21～30 年にかけて実施した調査項目を表-3.1.1 に示す。

表-3.1.1 調査項目

試験体	試験体構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	暴露デッキ	鉄筋塗装 鉄筋応力筋	コンクリート 塗装	含浸系塗装	試験体 No.	調査項目																		
										外観調査※3	電気化学的測定	塩分浸透深さ測定	内部鉄筋目視調査	圧縮強度試験	中性化試験	エポキシ鉄筋調査	亜鉛めっき鉄筋調査	PE シース調査										
基準系試験体	小型	RC	25	高炉	50	3	—	—	—	A015	25まで		25	25														
	中型	ブレ	70	普通	40	2	—	—	—	A036	○																	
		RC								A037	○		30		30	30												
		RC	A038	○																								
		ブレ	A039	○						30		30	30															
	RC	70	早強	40	A040	○																						
					A041	○		30		30	30																	
		50	A042	○																								
			A043	○		30																						
		高炉	50	A044	○																							
A045				○		30		30	30																			
防食処理系試験体	小型	RC	25	早強	40	3	—	—	—	B008	25まで		25	25					25									
										B014																		
										B015																		
										B018																		
	RC	25	早強	40	2	—	—	—	—	B019	○		30		30	30												
										B022	○		30		30	30												
										B025	○		30		30	30												
										B054	○	29.30	30		30	30												
	ブレ	25	早強	40	2	—	—	—	※2	B057	○	29.30	30		30	30												
										B060	○	29.30	30		30	30												
										B063	○	29.30	30		30	30												
										B066	○	29.30	30		30	30												
										B069	○	29.30	30		30	30												
										B092	○		30		30	30												
中型	ポス	35	早強	40		エポキシ鉄筋	ポリエチレンシース	B093	○										30									
小型	ブレ	25	早強	40		—	—	※2	B094	○	29.30	30							30									
腐食調査試験体	小型	ブレ	25	早強	40	2	—	—	—	C001	25まで		25	25														
										C002	○	29.30	30		30	30												
										C003	○	29.30																
										C004	○	29.30																
										C005	○																	
										C006	○																	
										C007	○																	
										C008	○																	
	RC	35	普通	50	2	—	—	—	—	C009	○	29.30																
										C010	○	29.30																
										C011	○	29.30																
										C012	○	29.30																
										C013	○	29.30																
										C014	○	29.30																
										C015	○	29.30																
										C016	○	29.30																
										C017	○	29.30																
										C018	○	29.30																
										C019	○	29.30																
										C020	○	29.30																
	C021	○	29.30																									
	C022	○	29.30																									
	C023	○	29.30																									
	C024	○	29.30																									
	T桁 (5316型)	ブレ	25	早強	38	2	—	—	—	C025	○	30	30		30	30												
										C026	○																	
										C027	○																	
										C028	○																	
										C029	○	30	30		30	30												
										C030	○	30	30		30	30												
スラブ桁	ブレ	35	早強	38	2	—	—	—	C025	○	30	30		30	30													
									C026	○																		
T桁(ST型)	ブレ	50		38																								
T桁(ST型)	ポス	70		45																								

※ 表中の数字は、試験を実施した暴露年数を示す。

※1 塩害対策指針(案)によるコンクリート塗装 B019:A種エポキシ、B022:B種柔軟エポキシ、B025:B種柔軟ウレタン

※2 含浸系塗装 B054:シリコン系、B057:アクリル系、B060:シリコン系、B063:有機無機複合、B066:アクリル系、B069:ビニルエステル系、B095:ポリエステル;

※3 外観調査について、表中の「25まで」は暴露22年目を除き暴露25年目まで、○は暴露22年目を除き暴露30年まで毎年実施。

調査項目は、①外観調査、②鉄筋の電気化学的測定、③塩分環境の測定、④塩分浸透深さの調査、⑤内部鉄筋の目視調査、⑥圧縮強度試験、⑦中性化試験、⑧エポキシ樹脂塗装鉄筋の調査（疲労試験、引張試験）、⑨亜鉛めっき鉄筋の調査（付着量試験、引張試験）、⑩PEシースの調査、である。

表-3.1.1の塗りつぶした試験体（B008、B014、B015、B018、B092、C001）は、解体調査を行ったため、現状において試験体は暴露されていない。

## 3.2 調査方法

### 3.2.1 外観調査

#### (1) 調査方法

外観観察による調査項目とその手法を表-3.2.1に示す。

表-3.2.1 外観観察による調査項目と手法

調査項目	調査手法
錆汁	位置や大きさを記録
ひび割れ	位置、幅、長さを記録
はく離・はく落	位置、面積、深さを記録
塗装材	位置、膨れ、割れ、剥がれ等を記録
その他	その他の変状を記録

#### (2) 調査結果の整理

錆汁、はく離・はく落については、展開図に記録した。ひび割れについては、ひび割れ幅とひび割れ長さを乗じた値をひび割れ面積、ひび割れ長さとして調査面積で除したひび割れ密度として整理した。塗膜材の変状に関しては、塗膜の異常を調査した。

### 3.2.2 鉄筋の電気化学的測定

#### (1) 調査方法

コンクリート内部の鉄筋の腐食状況の有無を非破壊にて確認することを目的として、携帯型鉄筋腐食診断器（CM-V 四国総合研究所製）を用いてコンクリート内部の自然電位と分極抵抗を測定した。

測定は、表-3.1.1の電気化学的測定の項目に数字が入った試験体とし、小型試験体は暴露29年目、30年目に、T桁試験体は暴露30年目に自然電位と分極抵抗を測定した。

小型試験体の自然電位、分極抵抗の測定位置を図-3.2.1に、T桁（C025、C029、C030）の自然電位、分極抵抗の測定箇所を図-3.2.2にそれぞれ示す。

小型試験体は、コンクリートの上面5ヶ所の自然電位の測定と、そのうち1ヶ所については分極抵抗を測定した。

T桁試験体については、スターラップ位置を対象として下面から70mmと270mmの測定位置について自然電位の測定を行うとともに、下面から270mm位置の2ヶ所について分極抵抗の測定を行った。

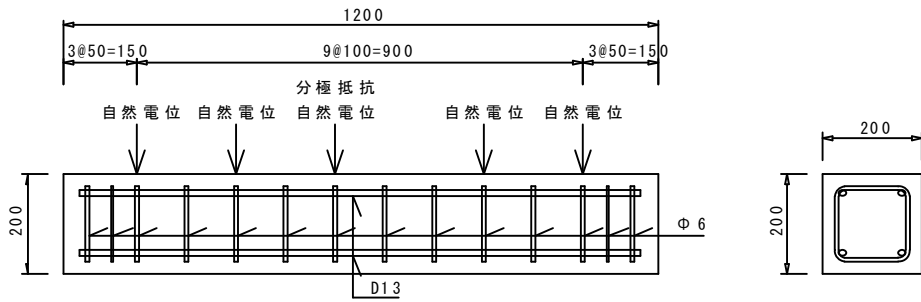


図-3.2.1 小型試験体の自然電位、分極抵抗の測定箇所

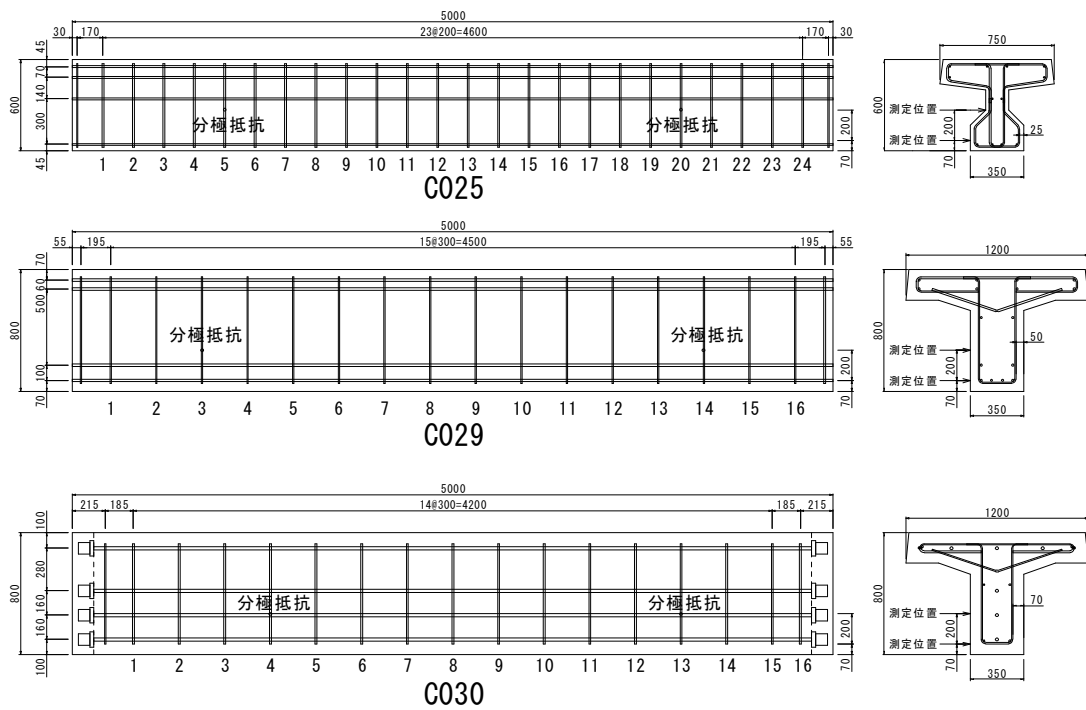


図-3.2.2 T桁の自然電位、分極抵抗の測定箇所



## (2) 調査結果の整理

測定した自然電位は、表-3.2.2 に示す ASTM の判定基準に準拠するとともに、分極抵抗は、表-3.2.3 に示す CEB による腐食速度の判定基準に準拠して整理した。

表-3.2.2 ASTM-C876 による鉄筋腐食性評価

自然電位 (E) (V vs CSE)	鉄筋腐食の可能性
$-0.20 < E$	90%以上の確率で腐食なし
$-0.35 < E \leq -0.20$	不確定
$E \leq -0.35$	90%以上の確率で腐食あり

表-3.2.3 CEB による腐食速度の判定基準

腐食速度測定値 $I_{corr} (\mu A/cm^2)$	腐食速度の判定	分極抵抗 $R_{ct}$ ( $k\Omega cm^2$ )
0.1~0.2 未満	不働態状態 (腐食なし)	130~260 より大
0.2 以上 0.5 以下	低~中程度の腐食速度	52 以上 130 以下
0.5 以上 1 以下	中~高程度の腐食速度	26 以上 52 以下
1 より大	激しい、高い腐食速度	26 未満

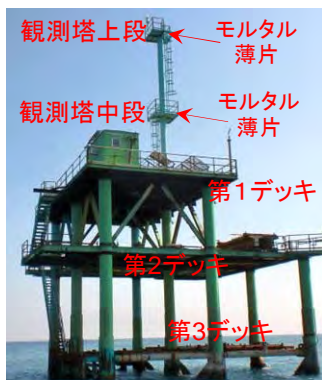
## 3.2.3 塩分環境の調査

### (1) 調査概要

塩分環境調査は、当該施設内の 5 箇所で行った：1) 観測塔上段、2) 観測塔中段、3) 第 1 デッキ、4) 第 2 デッキ、5) 第 3 デッキ。各箇所における試験機器および供試体の設置状況を図-3.2.3 に示す。また、図-3.2.4 は、調査機器および供試体の海面からの設置高さを示す。

本調査では、表-3.2.4 に示す、土研法 (タンク法)、ドライガーゼ法、モルタル円盤法およびモルタル薄片法を用いた。なお、調査結果の塩分量はすべて NaCl 換算値である。

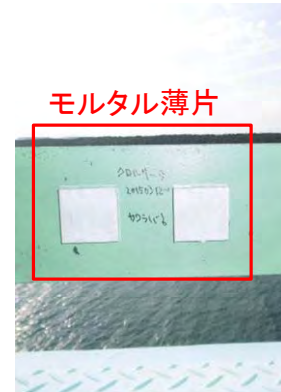
調査は、図-3.2.5 に示す 2 年の期間で実施し、2013 年 7 月~2014 年 7 月の期間は 4 半期を目途に調査、2014 年 7 月~2015 年 8 月の期間は、2015 年 7 月~8 月の期間を除き、半期を目途に調査した。なお、モルタル薄片法は、2014 年 7 月~2015 年 8 月の期間で実施した。



a) 施設全体



b) 観測塔上段南面(高欄部)



c) 観測塔中段東面(高欄部)



d) 第1デッキ東面



e) 第2デッキ東面



f) 第2デッキ西面



g) 第3デッキ西面

図-3.2.3 調査機器および供試体の設置状況



## (2) 調査方法

### a) 評価項目と試験方法

塩分環境の評価項目と試験方法は、表-3.2.5 の通り、①飛来塩分、②付着塩分、③浸透塩分の3種類とした<sup>3.2.1)</sup>。①は海面で発生する海塩粒子のうちの調査地点に到達する塩分である。②はコンクリート表面に滞留する塩分を想定しており、その評価方法には湿潤ガーゼによる拭きとりや分光分析等がある。本調査では海塩粒子(大気浮遊塩分)のガーゼへの付着を広義にとらえ、これを付着塩分とした。ドライガーゼ法は、飛来塩分(到達塩分)に分類される場合もあるが、土研法(タンク法)では捕捉された海塩粒子はその多くが回収されるのに対して、雨水などによる洗い流しは生じないものの、生じた塩の結晶が風等により脱落する平衡状態にいたると考え、ここでは付着塩分として表記する。③はモルタル内に浸透した塩分量であり、コンクリートに浸透する塩分量を実態的に評価できる方法として提案されている<sup>3.2.2), 3.2.3)</sup>。

表-3.2.5 評価項目と測定方法

種類	評価項目	試験方法
①飛来塩分	測定面に到達した海塩測定粒子の量	土研法(タンク法)
②付着塩分	測定対象に付着保持された海塩粒子の量	ドライガーゼ法(JIS Z 2382)
③浸透塩分	モルタル内に浸透した塩分量	モルタル円盤法 <sup>3.2.2)</sup>
		モルタル薄片法 <sup>3.2.3)</sup>

### b) 土研法(タンク法)

第1デッキの東面、ならびに、第2デッキの東西面と西面に土研式塩分捕集器を1台ずつ設置して調査観測を実施した。塩分捕集器内のタンクは、各調査時に回収(更新)した。測定結果は日平均飛来塩分量 mdd (mg/(day·dm<sup>2</sup>)) で示す。

### c) ドライガーゼ法

第1デッキの東西面、ならびに、第2デッキの東西面と南北面において、ドライガーゼ法(JIS Z 2382)を参考に大気浮遊塩分調査を行った。なお、本来の調査期間は1か月であるが、調査方法の適用性評価や現場調査の制約から数ヶ月の期間で実施した。

第1デッキのガーゼは、百葉箱内に設置し、第2デッキのガーゼは、当該部分には天蓋があるため、土研式塩分捕集器の直下に設置した。それらを回収(更新)して塩分量を測定し、これを面積および日数で除して付着塩分量(mdd)とした。

### d) モルタル円盤法

本調査では、文献 3.2.2)で使用されている供試体と同一のものを用いて調査を行った。モルタル円盤供試体は、第1デッキの東面、ならびに、第2デッキの東面と西面に設置した。暴露面がコテ仕上げ面(以下、コテ面)と型枠面となる2種類を一組とし、図-3.2.5

に示したのべ8つの調査期間に供試体を暴露した。コテ面と型枠面の2種類を用いたのは、モルタルの表面状態が浸透塩分量に及ぼす影響を検討するためである。

暴露終了後、供試体中央 5cm 四方の範囲内のモルタル内部に浸透した塩分量を測定し、これを面積および日数で除して浸透塩分量 (mdd) とした。

#### e) モルタル薄片法

本調査では、文献 3.2.3) で使用されている供試体を参考に、4×4×0.5cm のモルタル薄片を用いて調査を行った。モルタル薄片供試体は、観測塔の上段と中段、第1デッキの東面、第2デッキの東面と西面、ならびに、第3デッキの東面と西面に設置した。隣接した場所に設置された{図-3.2.3 b), c)} 2体の供試体を1組とし、図-3.2.5 に示した 2014年7月～2015年7月の期間に供試体を暴露した。供試体のモルタル内部に浸透した塩分量を測定し、これを面積および日数で除して浸透塩分量 (mdd) とした。なお、調査結果は、2体の供試体の平均値である。

### (3) 調査結果の整理

各調査方法において、設置方向および海面からの高さが塩分量に及ぼす影響を確認する。土研タンク法については、各調査期間の結果を過去の調査結果と比較し、本調査との対応性を確認する。

また、既往の算定式を用いて、土研タンク法による飛来塩分表面塩化物イオン濃度に換算する。土木研究所では、表面塩化物イオン量を飛来塩分量の関数とし、式(1)を提案している<sup>3.2.4)</sup> (以下、土研式)。

$$C_0 = 1.2 \cdot C_{\text{air}}^{0.4} \quad (1)$$

ここに、 $C_0$  : コンクリート表面塩化物イオン濃度 ( $\text{kg/m}^3$ )

$C_{\text{air}}$  : 飛来塩分量 (mdd)

なお、表面塩化物イオン濃度の算定に用いる飛来塩分量は、前半1年および後半1年の2つの期間における加重平均とした。

コンクリート標準示方書設計編 (2012年制定)<sup>3.2.5), 3.2.6)</sup>においても、表面塩化物イオンを同様に飛来塩分量の関数で表しており、式(2)が示されている (以下、示方書式)。

$$C_0 = -0.016 \times C_{\text{ab}}^2 + C_{\text{ab}} + 1.7 \quad (C_{\text{ab}} \leq 30.0) \quad (2)$$

ここに、 $C_0$  : コンクリート表面塩化物イオン濃度 ( $\text{kg/m}^3$ )

$C_{\text{ab}}$  : 飛来塩分量 (mdd)

式(1)および式(2)による算定結果を比較し、算定式の違いによる表面塩化物イオン量の換算値の差を確認する。

### 3.2.4 塩分浸透深さの調査

#### (1) 調査方法

暴露試験体からφ45mmのコアを採取し、日本コンクリート工学会の JCI-SC5「硬化コンクリート中に含まれる全塩分の簡易分析方法」に基づき、試験試料に対し塩化物イオン選択性電極を用いた電位差滴定法により定量した。

#### (2) 調査結果の整理

コンクリート表面から深さ方向に調査したコンクリート中の塩化物イオン濃度の分布を整理し、これと塩化物イオンの腐食発生限界濃度  $C_{lim}$  との比較を行った。塩化物イオンの腐食発生限界濃度  $C_{lim}$  は、「2012年制定 コンクリート標準示方書[設計編]」（土木学会）に基づき以下の式により算出した。

(普通ポルトランドセメントを用いた場合)

$$C_{lim} = -3.0 (W/C) + 3.4$$

(高炉セメント B 種相当を用いた場合)

$$C_{lim} = -2.6 (W/C) + 3.1$$

(早強ポルトランドセメントを用いた場合)

$$C_{lim} = -2.2 (W/C) + 2.6$$

ここで、

$C_{lim}$  : 鋼材腐食発生限界濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

W/C : 水セメント比 (0.30~0.55)

本報告書に用いる鋼材腐食発生限界濃度  $C_{lim}$  の値の一覧を表-3.2.6 に示す。

表-3.2.6 本報告書で用いた鋼材腐食発生限界濃度の値

	水セメント比 (W/C)	
	40%	50%
普通セメント	2.20	1.90
高炉セメント B 種	-	1.80
早強セメント	1.72	1.50

コンクリート表面からの距離に対する塩化物イオン濃度の測定結果より、Fick の第 2 法則に基づく拡散方程式の解により回帰した塩化物イオン濃度分布曲線を求め、表面塩化物イオン量 ( $C_0$ ) と見掛けの拡散係数 ( $D_c$ ) を算出し整理した。なお、本報告書では過去のデータと整理方法の整合をとるため、回帰分析に使用した塩化物イオン濃度の測定値は深さ方向の全ての点を用いている (図-3.2.6)。

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

ここに、

$x$  : コンクリート表面から塩化物イオン濃度を測定した箇所を中心までの距離 (cm)

$t$  : 暴露年数 (年)

$C(x, t)$  : 距離 ( $x$  cm)、暴露年数 ( $t$  年) における測定された塩化物イオン濃度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$C_0$  : コンクリート表面における塩化物イオン濃度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$C_i$  : 初期含有塩化物イオン濃度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  $C_i = 0.0$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$D_c$  : 見かけの拡散係数 ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )

$\operatorname{erf}$  : 誤差関数

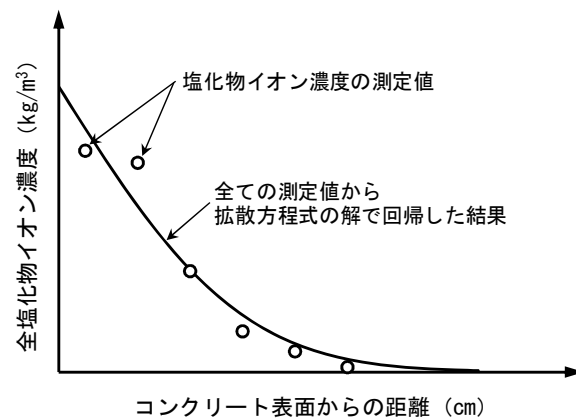


図-3.2.6 回帰分析に使用するデータについて

### 3.2.5 内部鉄筋の目視調査

#### (1) 調査方法

暴露試験体解体時に鉄筋の腐食観察を行った。T桁試験体は一部コンクリートをはつり、その箇所の鉄筋の腐食観察を行った。

#### (2) 調査結果の整理

鉄筋腐食の度合いを表-3.2.7に示すように定め、整理した。

表-3.2.7 鉄筋腐食の度合い

評点	目視による鉄筋腐食の度合い
A	腐食無し
B	ごく表面的な腐食
C	浅い孔食などの断面欠損の軽微な腐食
D	断面欠損が著しい腐食

建設省総合技術開発プロジェクト 平成元年5月  
塩害を受けた土木構造物の補修指針(案)より

### 3.2.6 圧縮強度試験

#### (1) 調査方法

暴露試験体から採取したφ45mmのコアから圧縮強度用試験体を採取し、写真-3.2.1に示すようにJIS A 1108に準拠して圧縮強度を測定した。また、同時にJIS A 1149に準拠して静弾性係数を測定した。

#### (2) 調査結果の整理

コンクリート材料、暴露期間、暴露場所により圧縮強度を整理した。また、圧縮強度と静弾性係数の関係について整理した。



写真-3.2.1 圧縮強度試験状況



### 3.2.7 中性化試験

#### (1) 調査方法

暴露試験体から採取したコアに、写真-3.2.2に示すようにフェノールフタレイン 1%水溶液を散布し、赤色に発色していない部分の深さを中性化深さとした。

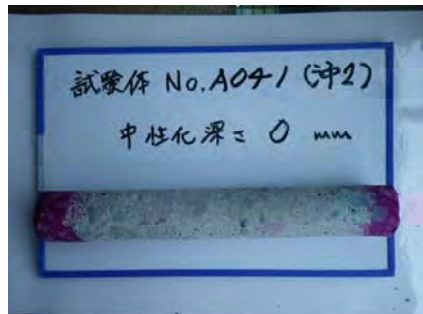


写真-3.2.2 中性化深さ測定状況

#### (2) 調査結果の整理

コンクリート材料、暴露期間、暴露場所により中性化深さを整理した。

### 3.2.8 エポキシ樹脂塗装鉄筋の解体調査（疲労試験、引張試験）

#### (1) 調査方法

暴露試験体解体時にエポキシ樹脂塗装を行った鉄筋を抽出し、200 万回疲労試験および引張試験を実施した。

#### (2) 調査結果の整理

疲労試験により、エポキシ樹脂塗膜の引張追従性を比較検討した。

### 3.2.9 亜鉛めっき塗装鉄筋の解体調査（付着量試験、引張試験）

#### (1) 調査方法

暴露試験体解体時に、亜鉛めっき塗装を行った鉄筋を抽出し、外観調査、塩化アンチモン法による残存付着量および引張性状を調査した。

#### (2) 調査結果の整理

亜鉛めっき鉄筋の母材における発錆の状態、製作当初と暴露 25 年後に残存する亜鉛めっき付着量および引張試験による性状を比較検討した。

### 3.2.10 PE シースの解体調査

#### (1) 調査方法

暴露試験体から PE シースを取り出し、外観調査を実施した。さらに、PE シースをシート状に成型し直し、表-3.2.8 に示す項目について物性試験を実施した。

表-3.2.8 PE シースの物性試験方法

試験名	試験方法
密度	JIS K 6268
曲げ弾性率	JIS K 7116
曲げ強さ	
衝撃強さ	JIS K 7160
引張降伏点強度	JIS K 7113
破断強度	
破断伸び率	

## (2) 調査結果の整理

外観調査により PE シースの劣化や異常の有無について評価した。また、各種物性試験結果について、現在一般的に使用されている PE シース物性値と比較検討を行った。

## 参考文献

- 3.2.1) 土木学会：材料劣化が生じるコンクリート構造物の維持管理優先度研究小委員会、委員会報告書およびシンポジウム講演概要集、pp. 21-25、2012.
- 3.2.2) 上原子晶久、皆川浩、久田真、鈴木基行：モルタル円盤供試体による青森県沿岸部の飛来塩分調査、コンクリート工学年次論文集、Vol. 37、pp. 757-762、2015.
- 3.2.3) 佐伯竜彦、能勢陽祐、菊地道生：薄板モルタル供試体を用いたマイクロ塩害環境評価手法に関する基礎的検討、コンクリート工学年次論文集、Vol. 33、pp. 803-805、2011.
- 3.2.4) 土木研究所：ミニマムメンテナンス PC 橋の開発に関する共同研究報告書（Ⅱ）、pp. 1-16、共同研究報告書、第 258 号、2000.
- 3.2.5) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編（2012 年制定）、pp. 156-157、2013.
- 3.2.6) 土木学会：コンクリート標準示方書改訂資料、コンクリートライブラリ No. 138、pp. 82-84、2013.

## 4. 調査結果および考察

### 4.1 外観調査

第3デッキの試験体は、暴露14年に調査した後、暴露19年に確認したときに多くの試験体が流出していた。また、暴露25年まで、試験体の調査に十分な足場が確保できていないため、暴露中の試験体の詳細調査を実施していない。さらに暴露26年で第3デッキの試験体が全て流出したため、現在の調査対象は第2デッキの試験体のみである。



(a) 小型, 中型試験体



(b) 小型, 中型試験体



(c) 小型, 中型試験体 (暴露25年まで)



(d) 大型試験体

写真-4.1.1 暴露状況 (30年)

#### 4.1.1 基準系試験体

基準系試験体はA001～A045の45試験体であり、暴露条件および試験体種類を表-4.1.1に示す。試験体は、かぶり厚は25mm、35mm、50mm、70mmの4種類で、W/Cを40%と50%の2種類、試験体構造はPCとRCの2種類とした。セメントは、普通セメント(N)、早強セメント(H)および高炉セメント(BB)である。第3デッキの試験体については、暴露25年の解体調査および暴露26年の調査後に流失した。

表-4.1.1 基準系試験体

暴露デッキ	かぶり (mm)	普通セメント(N)		早強セメント(H)		高炉B種(BB)
		PC(プレテンション) W/C=40%	RC W/C=50%	PC(プレテンション) W/C=40%	RC W/C=50%	RC W/C=50%
3	25	A001, A002, A003	A004, A005, A006	A007, A008, A009	A010, A011, A012	A013, A014, A015
	35	A016, A017	A018, A019	A020, A021	A022, A023	A024, A025
	50	A026, A027	A028, A029	A030, A031	A032, A033	A034, A035
2	70	A036, A037	A038, A039	A040, A041	A042, A043	A044, A045

※ ■ は、暴露 21 年までに試験終了、流出

※青字は、暴露 25 年で解体調査

※赤字は、暴露 26 年で試験終了

基準系試験体の暴露 30 年までにおける暴露時間とひび割れ面積およびひび割れ密度の関係を暴露デッキごとで整理した。ひび割れ面積は、ひび割れ幅とひび割れ延長とを乗じて求めたものであり、ひび割れ密度は、ひび割れ延長を調査面積で除した値とした。

$$\text{ひび割れ面積 (cm}^2\text{)} = \text{ひび割れ幅 (cm)} \times \text{ひび割れ延長 (cm)}$$

$$\text{ひび割れ密度 (m/m}^2\text{)} = \text{ひび割れ延長 (m)} / \text{調査面積 (m}^2\text{)}$$

ひび割れについては、過去にひび割れの発生を確認しているが、表面の風化やスケーリング等でひび割れを確認できなくなっているものについては、過去のひび割れ記録を参考に、図上では同等のひび割れと判断して破線で示すこととした。セメントの種類、かぶり、暴露デッキの影響について結果をまとめると以下のとおりである。

ただし、第 2 デッキで暴露した試験体は、ひび割れの形態およびひび割れ部からは鋼材腐食による錆汁等が観察されていないことから、下記に示す影響は、乾燥収縮等によって発生したひび割れを対象としている。

### (1) セメントの種類の影響

第 2 デッキに暴露した普通セメント(N)、早強セメント(H)、高炉セメント(BB)を比較すると、かぶり 70mm の試験体では早強セメントで W/C が 50% の試験体 (A043) のひび割れ面積が暴露初期から若干大きい、その後の顕著な増加は認められない。ひび割れ密度は、早強セメントと比較すると、普通セメントおよび高炉セメントが大きい傾向である。

### (2) かぶりの影響

高炉セメント(BB)の試験体でかぶりの影響の比較を行った。第 2 デッキと第 3 デッキで暴露環境が異なるため同様の比較はできないが、第 3 デッキに暴露したかぶり厚 25mm、35mm および 50mm の試験体は、かぶりの最も大きい 50mm の場合においてひび割れ面積が著しく大きくなった。これは、試験体に大きくひび割れが発生しているが、外的要因による影響と推測される(写真-4.1.2)。その他の試験体では、ひび割れは微細であった。第 2 デッキに暴露したかぶり 70mm の試験体のひび割れも微細なもので、錆汁は認められない。

### (3) 水セメント比の影響

水セメント比の影響は、普通セメントおよび早強セメントにおいて、ひび割れ面積およびひび割れ密度は、水セメント比が小さい方が小さくなる結果となった。

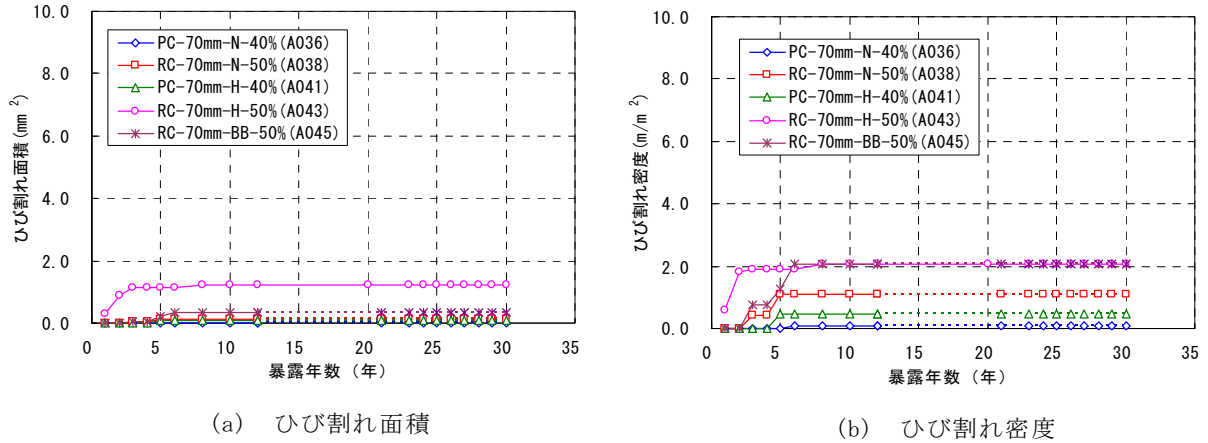


図-4.1.1 暴露年数とひび割れ面積およびひび割れ密度の関係（セメント，水セメント比）

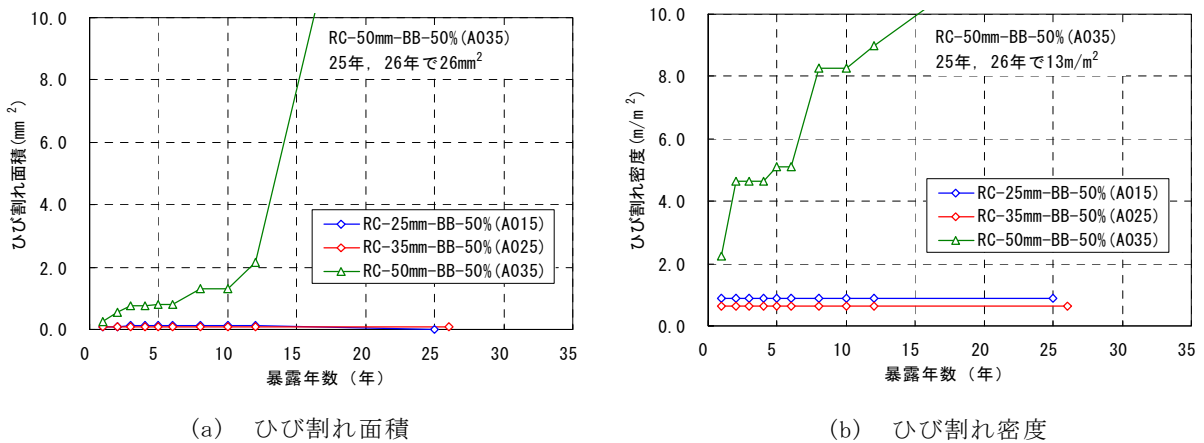


図-4.1.2 暴露年数とひび割れ面積およびひび割れ密度の関係（かぶり）

A035 (RC-50MM-BB-50%)



A035 (RC-50MM-BB-50%)拡大



写真-4.1.2 第3デッキ試験体損傷状況（暴露26年）

#### 4.1.2 防食処理系試験体

##### (1) 塗装鉄筋試験体 (B001~B018 試験体)

塗装鉄筋試験体の種類を表-4.1.2に示す。塗装鉄筋試験体では、エポキシ樹脂塗装鉄筋および亜鉛めっき鉄筋の2種類を暴露している。健全な4種類の国内品と1種類の海外品の他、塗膜にクラックやピンホールの欠陥が認められる塗装鉄筋を使用した試験体も2種類ほど暴露した。暴露位置は、第3デッキである。試験体はすべてRCであり、かぶりを25mmと50mmとし、早強セメントでW/C=40%のコンクリートを使用した。

暴露12年、25年のひび割れ面積を表-4.1.3に示す。暴露25年では、試験体にひび割れは確認されなかった。ただし、B008は暴露12年では、ひび割れ面積が0.13cm<sup>2</sup> (ひび割れ密度4.13m/m<sup>2</sup>)を記録しているが、暴露25年では表面の風化によってひび割れは認められなかった。過去の記録を参考として0.13cm<sup>2</sup> (4.13m/m<sup>2</sup>)とした。

表-4.1.2 塗装鉄筋試験体

鉄筋塗装種類	暴露デッキ	試験体構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	試験体
エポキシ樹脂塗装1	3	RC	25	早強	40	B001, B002
エポキシ樹脂塗装2						B003, B004
エポキシ樹脂塗装3						B005, B006
亜鉛めっき						B007, B008
			50			B009, B010
			25			B013, B014
B015, B016						
B017, B018						

※■は、暴露21年までに試験終了、流出

※青字は、暴露25年で解体調査

※赤字は、暴露26年で試験終了

表-4.1.3 塗装鉄筋試験体のひび割れ面積およびひび割れ密度

塗装種類	試験体	暴露12年		暴露25年	
		ひび割れ面積 (cm <sup>2</sup> )	ひび割れ密度 (m/m <sup>2</sup> )	ひび割れ面積 (cm <sup>2</sup> )	ひび割れ密度 (m/m <sup>2</sup> )
エポキシ樹脂塗装1	B002	0	0	0	0
エポキシ樹脂塗装3	B006	0	0	0	0
亜鉛めっき	B008	0.13	4.13	0.13*	4.13*
	B010	0	0	0	0

※調査時には確認できなかったため、暴露12年の結果を参考

(2) コンクリート塗装試験体 (B019~B053)

コンクリート塗装試験体の種類を表-4.1.4 に示す。塗装材は 14 種類で、第 3 デッキに暴露した。A 種エポキシ、B 種柔軟エポキシおよび B 種柔軟ウレタンの 3 種類は、第 2 デッキにも 1 体ずつ暴露した。試験体の構造は、A 種エポキシのみ PC であり、その他は RC であり、かぶりは 25mm である。コンクリートは、早強セメントを使用し、W/C=40% である。

第 3 デッキに暴露した試験体はすべて試験を終了しており、第 2 デッキに暴露した試験体については、暴露 30 年でもひび割れや塗膜の損傷は認められなかった。

表-4.1.4 コンクリート塗装試験体

コンクリート塗装種類	暴露デッキ	試験体構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	試験体				
A種エポキシ	2	PC (プレテンション)	25	早強	40	B019				
	3					B020, B021				
B種柔軟エポキシ	2	RC				B022				
	3					B023, B024				
B種柔軟ウレタン	2					B025				
	3					B026, B027				
C種膜厚エポキシ	2					B028, B029, B030				
C種ビニルエステル	3					B031, B032, B033				
超膜厚エポキシ	3					RC	25	早強	40	B034, B035
超膜厚ウレタン										B036, B037
超柔軟ウレタン										B038, B039
変性エポキシ										B040, B041
セメント系			B042, B043							
ウレタン			B044, B045							
シリコンゴム		B046, B047								
アクリルゴム		B048, B049								
無機系		B050, B051								
有機無機複合		B052, B053								

※ は、暴露 20 年までに試験終了、流出



写真-4.1.3 コンクリート塗装試験体

### (3) 含浸系塗装試験体 (B054~B071)

含浸系塗装試験体は、表-4.1.5 に示す 6 種類の含浸系塗装材料をプレテンション試験体表面に塗布し、各 3 体のうち 1 体を第 2 デッキ、2 体を第 3 デッキに暴露した。試験体はすべて PC であり、かぶりを 25mm とし、早強セメントで W/C=40% のコンクリートを使用した。

第 2 デッキに暴露した試験体の暴露 25 年、30 年後に調査した結果からは、ひび割れや表面の異状は認められなかった。

表-4.1.5 含浸系塗装試験体

含浸塗装種類	暴露デッキ	試験体構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	試験体
シリコン系	2	PC (プレテンション)	25	早強	40	B054
	3					B055, B056
アクリル系	2					B057
	3					B058, B059
シリコン系	2					B060
	3					B061, B062
有機無機混合	2					B063
	3					B064, B065
アクリル系	2					B066
	3					B067, B068
ビニルエステル系	2					B069
	3					B070, B071
ポリエステル系	2	B094				
	3	B095, B096				

※   は、暴露 20 年までに試験終了



写真-4.1.4 含浸系塗装試験体



(4) その他の防食処理系試験体 (B092~B093, D001~D005)

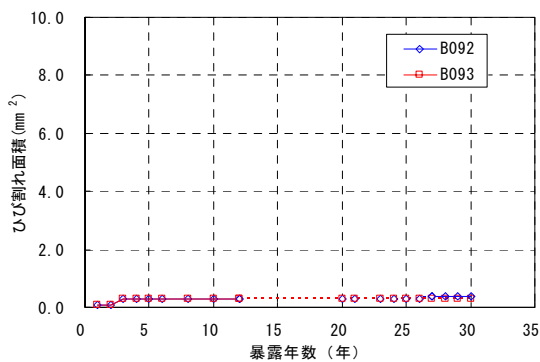
その他の防食処理系試験体を表-4.1.6に示す。ポリエチレンシースと塗装鉄筋を組み合わせ、防食効果を高めたポストテンション試験体を第2デッキに暴露した。また、シリカフュームを使用して低水セメント比とすることで耐久性向上を狙ったRC試験体を第3デッキに暴露した。ただし、第3デッキの暴露試験はすでに終了している。

図-4.1.3に示すように、ポリエチレンシースと塗装鉄筋を使用したポストテンション試験体には、暴露開始直後からひび割れが確認されていたが、暴露20年の調査において、ひび割れは写真-4.1.5の緊張定着具の跡処理によるものと考えられ、腐食によるものではないと判断した。暴露30年においても腐食によるひび割れは確認されなかった。腐食による影響と判断できるひび割れが認められなかったが、12年までの測定データを参考にし、図中は、破線によって表示した。

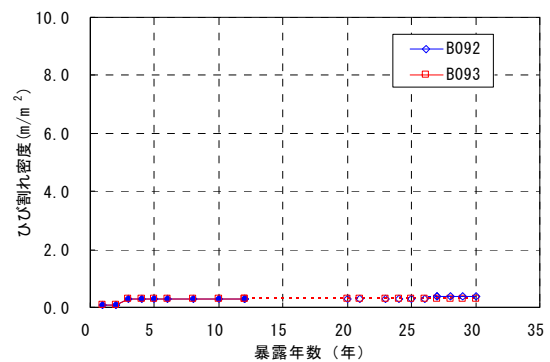
表-4.1.6 その他の防食処理系試験体

防食処理	暴露デッキ	試験体構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	試験体
塗装鉄筋 +ポリエチレンシース使用	2	PC (ポストテンション)	35	早強	40	B092, B093
耐塩性コンクリート	3	RC	25	シリカフューム	33.7	D001, D002, D003
			50			D004, D005

※   は、暴露20年までに試験終了、流出



(a) ひび割れ面積



(b) ひび割れ密度

図-4.1.3 暴露年数とひび割れ面積およびひび割れ密度の関係  
(塗装鉄筋+ポリエチレンシース使用)



写真-4.1.5 ポストテンション定着体後埋め部状況

#### 4.1.3 腐食調査試験体

腐食調査試験体を表-4.1.7に示す。対象は、PCではプレテンション試験体およびポストテンション試験体である。RCでは鉄筋に作用する応力度を変えて暴露した。これは、曲げひび割れが発生している状況を確認する試験体である。暴露開始時に所定の応力度となるように拘束治具によってモーメントを発生させているが、暴露30年では拘束力が低下している箇所が見受けられた。大型試験体は、プレテンションT桁、プレテンションスラブ、ポストテンションT桁も製作した。試験体は全て第2デッキに暴露した。

表-4.1.7 腐食調査試験体

防食処理	暴露デッキ	試験体構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	試験体
プレテンション小型試験体	2	PC (プレテンション)	25	早強	40	C001, C002, C003, C004
ポストテンション中型試験体		PC (ポストテンション)	35			C005, C006, C007, C008
鉄筋応力 80N/mm <sup>2</sup> ※		RC	35	普通	50	C009, C010, C011, C012
鉄筋応力 100N/mm <sup>2</sup> ※						C013, C014, C015, C016
鉄筋応力 120N/mm <sup>2</sup> ※						C017, C018, C019, C020
鉄筋応力 140N/mm <sup>2</sup> ※						C021, C022, C023, C024
T桁(5316型)		PC (プレテンション)	25	早強	38	C025, C026, C027
スラブ桁		PC (プレテンション)	35			C028
T桁(ST型)		PC (プレテンション)	50			C029
T桁(ST型)		PC (ポストテンション)	70		45	C030

※暴露開始時の導入引張力

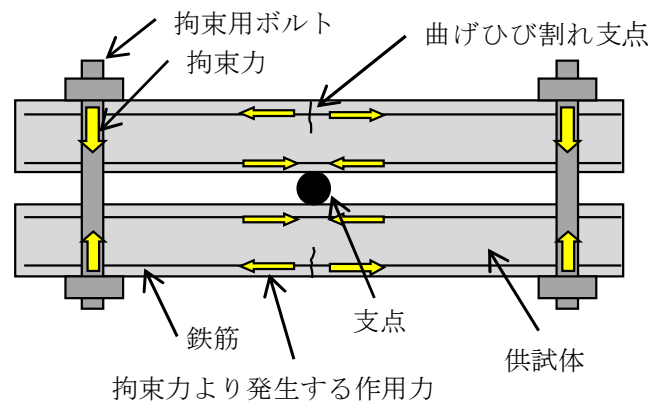


図-4.1.4 鉄筋応力導入方法

プレテンション小型試験体は、ひび割れ等の損傷が見られなかった。ポストテンション試験体についても4体のうち1体についてひび割れが暴露8年に確認されたが、暴露20年以降では認められなかったことから、暴露8年で確認されたひび割れは、緊張定着具の後処理によるものと考えられ、腐食によるものではないと判断した。

図-4.1.5は、暴露開始時に鉄筋応力 $80\text{N/mm}^2 \sim 140\text{N/mm}^2$ の引張力を作用させたRC試験体のひび割れ面積およびひび割れ密度を平均化した結果である。ひび割れ面積は、鉄筋応力を $80\text{N/mm}^2 \sim 120\text{N/mm}^2$ 作用させた試験体では差が見られなかったが、 $140\text{N/mm}^2$ 作用させた試験体で、図-4.1.6に見られるようなひび割れが発生しており、他の試験体と比較して面積が大きいことが認められた。ひび割れ密度は、鉄筋応力が大きくなるにつれて、ひび割れ密度も大きくなる結果となった。ただし、鋼材腐食による錆汁等は確認できていたため、現在は進展がほとんどないことから、鋼材腐食による影響ではなく曲げひび割れ導入によるクリープや乾燥収縮等で増加したものと推定される。

大型試験体では、暴露1年後にすでにひび割れの発生が認められ、その後の進行は確認されていない。暴露20年以降、表面のスケーリング等によって当時観察できたひび割れはほとんどが認められない。

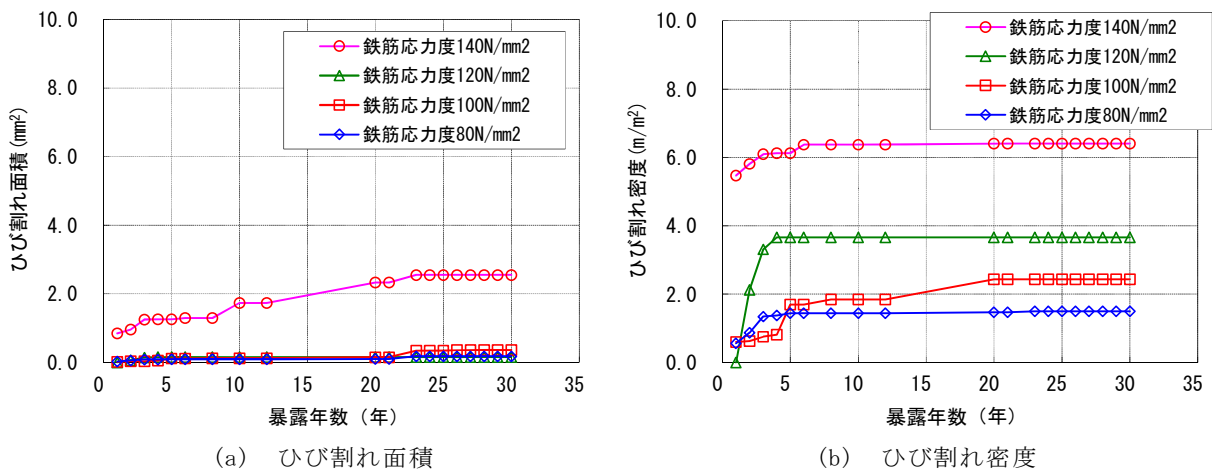


図-4.1.5 暴露年数とひび割れ面積およびひび割れ密度の関係 (鉄筋引張応力度導入試験体)

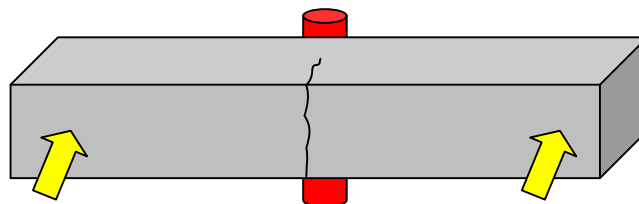


図-4.1.6 ひび割れ状況(C023 試験体) (鉄筋引張応力度  $140\text{N/mm}^2$  導入試験体)



写真-4.1.6 鉄筋応力  $140\text{N}/\text{mm}^2$  試験体



写真-4.1.7 大型試験体

#### 4.1.4 外観調査考察

##### (1) 基準試験体

- ・基準試験体は、一部でひび割れが発生しているものの、ひび割れの形態およびひび割れ部からは錆汁が観察されていないことから鋼材腐食によるひび割れでなく、乾燥収縮等によるひび割れであると推定される。
- ・上記により生じたひび割れについて、普通セメントおよび高炉セメントを用いた試験体は、早強セメントを用いた試験体と比較して、ひび割れ密度が大きい傾向が見られた。また水セメント比が小さい試験体は、水セメント比が大きい試験体に比べてひび割れ面積およびひび割れ密度も小さくなる傾向が見られた。

##### (2) 防食処理系試験体

- ・塗装鉄筋を用いた場合では、顕著な損傷が認められず、暴露 30 年での防食効果が確認された。
- ・コンクリートの表面塗装の場合では、「道路橋の塩害対策指針（案）・同解説」（社）日本道路協会（昭和 59 年 2 月）の A 種、B 種にあたる塗装材は、暴露 30 年において顕著な損傷は認められず、防食効果が確認された。
- ・コンクリートの含浸塗装の場合では、暴露 30 年において顕著な損傷は認められず、防食効果が確認された。

##### (3) 腐食調査試験体

- ・プレテンションおよびポストテンションの試験体では、顕著な損傷が認められず、防食効果が確認された。
- ・鉄筋応力を与えた試験体では、応力が高くなるにつれてひび割れが大きくなっているが、暴露 20 年以降のひび割れの進展が認められなかった。ただし、鉄筋応力を  $140\text{N}/\text{mm}^2$  作用させた試験体の一部でひび割れ幅の進行がみられたものの、曲げひび割れと推定されるひび割れ以外は確認されていないことから、ひび割れ幅の進行はコンクリートの乾燥収縮やクリープの進行によるものと推察される。
- ・大型試験体（T 桁(5316 型)、スラブ桁、T 桁(ST 型)）は、顕著な損傷が認められず、防食効果が確認された。

暴露 30 年において、第 2 デッキに暴露した試験体については、曲げひび割れや乾燥収縮等のひび割れの発生の有無によらず、鋼材の腐食は発生していないものと考えられる。またコンクリート表面のスケーリング等でこれらのひび割れの多くは、その 1 部または全部が観察できなくなりつつあるが、今後も継続して調査することで、50 年、100 年とコンクリートの耐久性に関する貴重なデータを得ることができると考えている。

## 4.2 鉄筋の電気化学的測定

### 4.2.1 自然電位

暴露 29、30 年目に測定した鉄筋の電気化学的測定試験体を表-4.2.1 に示す。本節では、第 2 デッキに暴露している試験体のうち、小型試験体は、①水セメント比が 40%、かぶりが 25mm で塗装を施さない試験体と、含浸系塗装を施した試験体、②水セメント比が 50%、かぶりが 35mm で鉄筋引張力の違いが自然電位に及ぼす影響、③T 桁試験体の W/C とかぶりの違いが自然電位に及ぼす影響について考察する。

表-4.2.1 暴露 29、30 年目鉄筋の電気化学的測定を実施した試験体

試験体	試験体構造	かぶり (mm)	セメント	W / C (%)	暴露デッキ	鉄筋応力	含浸系塗装	試験体 No.	調査項目								
									自然電位		分極抵抗						
									29年目	30年目	29年目	30年目					
防食処理系試験体	小型	プレ	25	早強	40	2	-	シリコン系	B054	○	○	○	○				
								アクリル系	B057	○	○	○	○				
								シリコン系	B060	○	○	○	○				
								有機無機複合	B063	○	○	○	○				
								アクリル系	B066	○	○	○	○				
								ビニルエステル系	B069	○	○	○	○				
	プレ	25	早強	40	2	-	ポリエステル系	B094	○	○	○	○					
腐食調査試験体	小型	プレ	25	早強	40	2	-	-	C002	○	○	○	○				
									C003	○	○	○	○				
									C004	○	○	○	○				
		RC	35	普通	50	2	-	-	鉄筋 応力 80 N/mm <sup>2</sup>	C009	○	○	○	○			
	C010								○	○	○	○					
	C011								○	○	○	○					
	C012								○	○	○	○					
	C013								○	○	○	○					
	C014								○	○	○	○					
	C015								○	○	○	○					
	C016								○	○	○	○					
	C017								○	○	○	○					
	C018								○	○	○	○					
	C019								○	○	○	○					
	C020								○	○	○	○					
	C021	○	○	○	○												
	C022	○	○	○	○												
	C023	○	○	○	○												
	C024	○	○	○	○												
		T桁(5316型)	プレ	25	早強	38	2	-	-	C025		○		○			
	T桁(ST型)									プレ	50	38	C029		○		○
	T桁(ST型)									ポス	70	45	C030		○		○

(1) 小型試験体 (W/C=40%、かぶり 25mm)

塗装を施していない試験体 (C002、C003、C004) の経過年数と自然電位の関係を図-4.2.1に、含浸系塗装を施した試験体 (B054、B057、B060、B063、B069、B094) の経過年数と自然電位の関係を図-4.2.2にそれぞれ示す。

暴露から 30 年目までの結果から、塗装の有無と種類によらず、鋼材の自然電位は ASTM の基準から判断すると、90%以上の確率で腐食なしの領域にあり、鋼材の腐食の可能性は小さいものと考えられる。しかし、含浸系塗装のうち B054 のシリコン系塗装を施した試験体については、他の試験体に比べて、時間の経過に伴い自然電位が卑な方向に推移している。

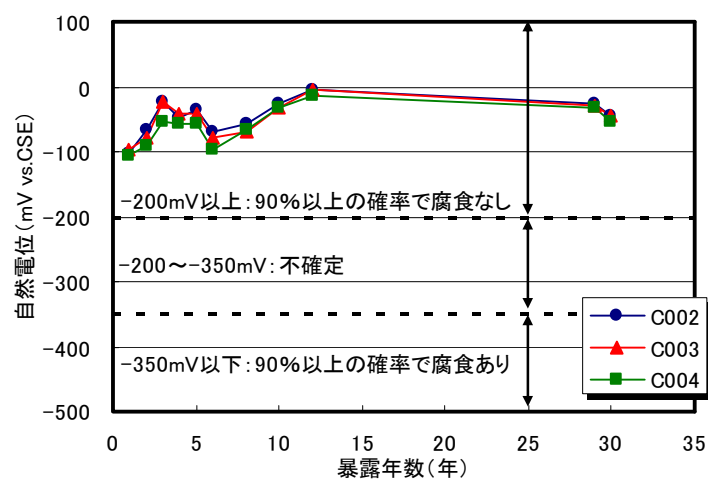
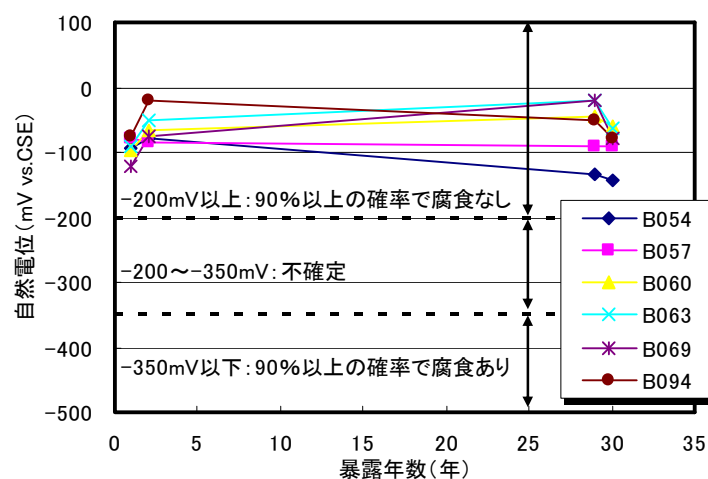


図-4.2.1 自然電位の測定結果 (塗装なし)



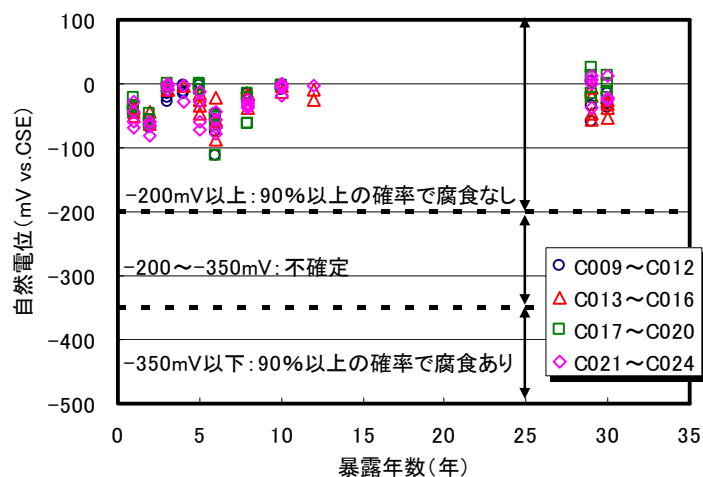
B054: シリコン系, B057: アクリル系, B060: シリコン系, B063: 有機無機複合, B066: アクリル系, B069: ビニルエステル系, B094: ポリエステル系

図-4.2.2 自然電位の測定結果 (塗装あり)

## (2) 小型試験体 (W/C=50%、かぶり 35mm)

鉄筋応力を 80N/mm<sup>2</sup>、100N/mm<sup>2</sup>、120N/mm<sup>2</sup>、140N/mm<sup>2</sup> 導入した試験体の経過年数と自然電位の関係を図-4.2.3 に示す。

暴露から 30 年目までの結果から、鉄筋の引張力によらず、鋼材の自然電位は ASTM の基準から判断すると、90%以上の確率で腐食なしの領域にあり、鋼材の腐食の可能性は小さいものと考えられる。また時間の経過に伴う自然電位の大きな変動は認められない。



C009~C012:鉄筋応力 80N/mm<sup>2</sup>, C013~C016:鉄筋応力 100N/mm<sup>2</sup>, C017~C020:鉄筋応力 120N/mm<sup>2</sup>, C021~C024:鉄筋応力 140N/mm<sup>2</sup>

図-4.2.3 自然電位の測定結果 (鉄筋応力の影響)

## (3) T 桁試験体

スラブ型 (C025)、プレテンション S.T 型 (C029)、ポストテンション S.T 型 (C030) の暴露 30 年目における試験体の軸方向にて測定した自然電位の測定結果を図-4.2.4~図-4.2.6 にそれぞれ示す。

スラブ型 (C025)、プレテンション S.T 型 (C029)、ポストテンション S.T 型 (C030) それぞれの試験体ともに、鋼材の自然電位は ASTM の基準から判断すると、90%以上の確率で腐食なしの領域にあり、鋼材の腐食の可能性は小さいものと考えられる。また各試験体ともに、軸方向位置における自然電位のばらつきも小さいことから、鋼材の腐食が生じている可能性は小さいものと考えられる。



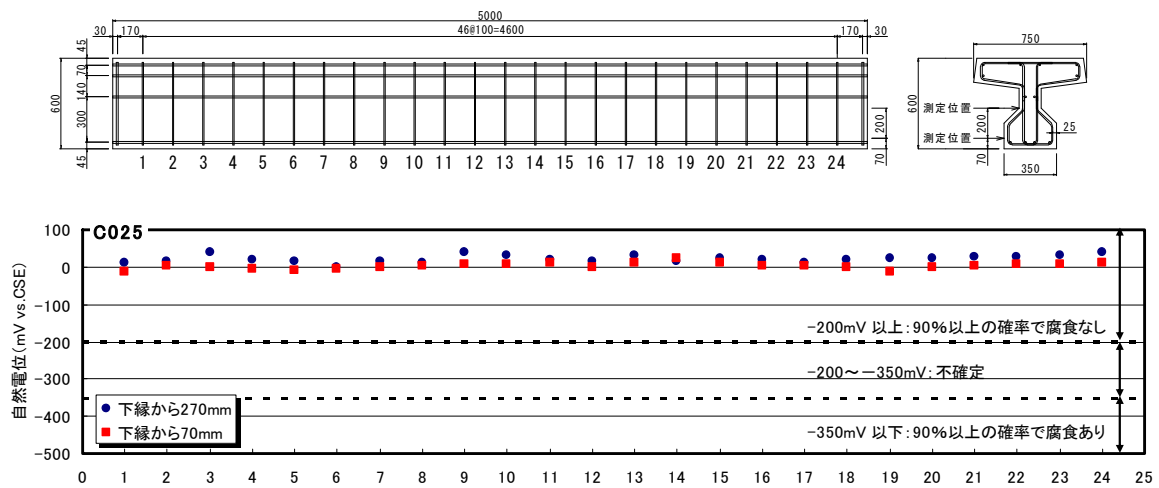


図-4.2.4 暴露 30 年目の自然電位の測定結果 (C025)

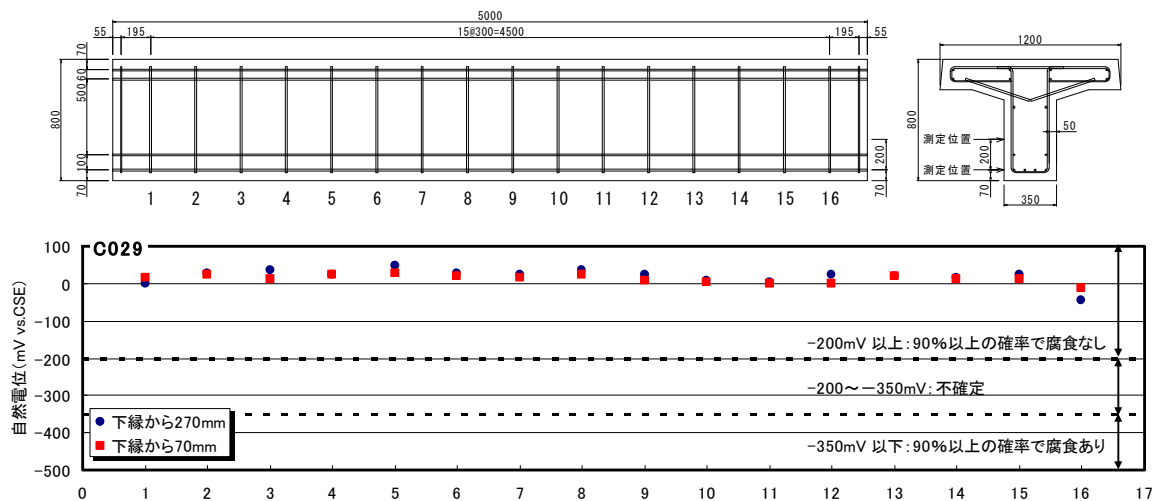


図-4.2.5 暴露 30 年目の自然電位の測定結果 (C029)

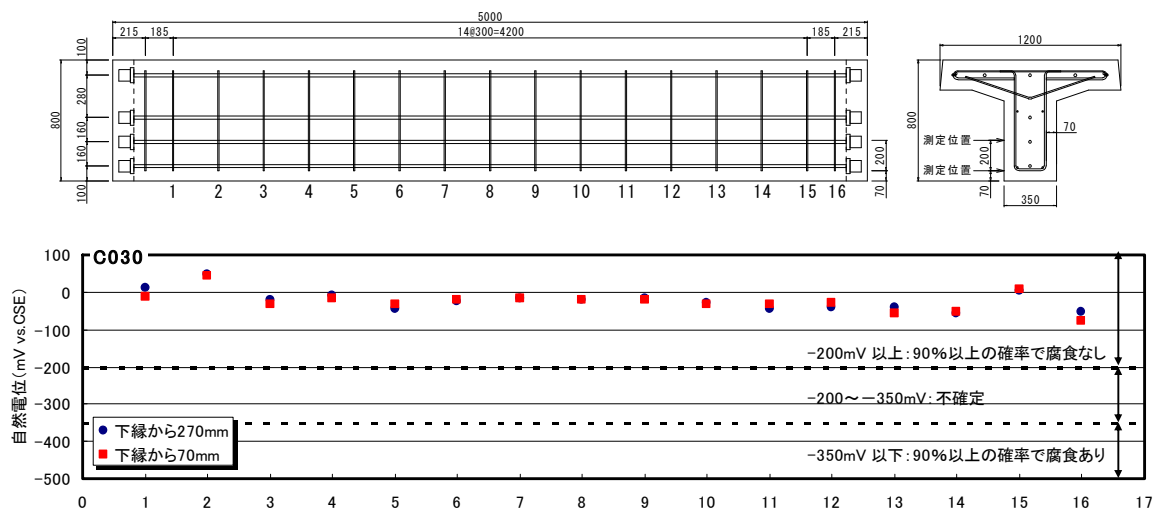


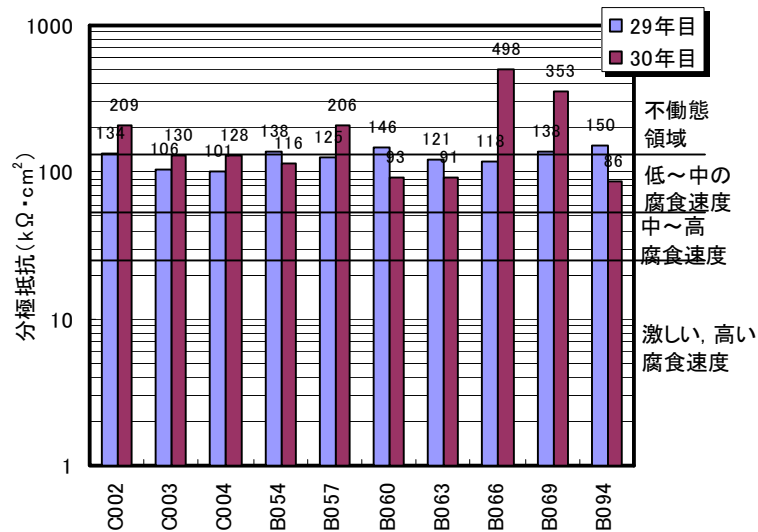
図-4.2.6 暴露 30 年目の自然電位の測定結果 (C030)

#### 4.2.2 分極抵抗

##### (1) 小型試験体 (W/C=40%、かぶり 25mm)

暴露 29 年目および 30 年目に測定した W/C=40%、かぶり 25mm の小型試験体の分極抵抗の測定結果を図-4.2.7 に示す。

CEB による腐食速度の判定基準からは、「不働状態」あるいは「低～中程度の腐食速度」の値を示している。また塗装を施していない試験体 (C002、C003、C004) と含浸系塗装を施した試験体 (B054、B057、B060、B063、B069、B094) では、測定値に大きな違いは認められなかった。



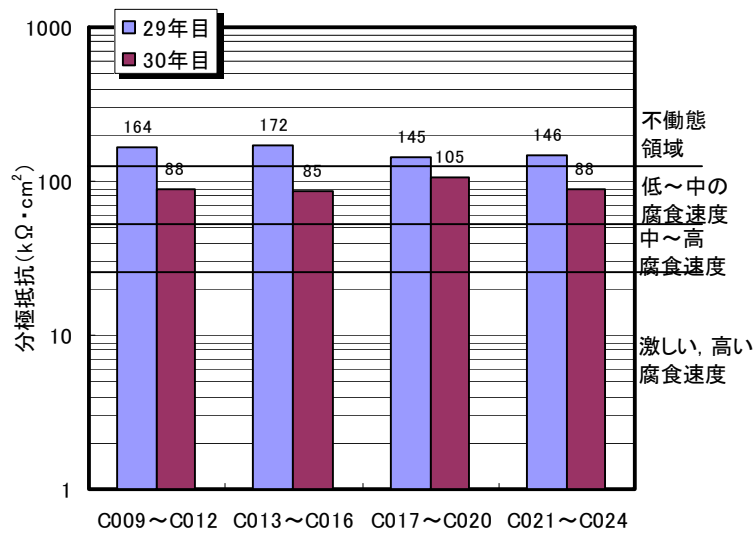
C002～C004：塗装なし，B054：シリコン系，B057：アクリル系，B060：シリコン系，B063：有機無機複合，B066：アクリル系，B069：ビニルエステル系，B094：ポリエステル系

図-4.2.7 分極抵抗の測定結果 (小型 W/C=40% かぶり 25mm)

##### (2) 小型試験体 (W/C=50%、かぶり 35mm)

暴露 29 年目および 30 年目に測定した W/C=50%、かぶり 35mm の小型試験体の分極抵抗の測定結果を図-4.2.8 に示す。

W/C=40%、かぶり 25mm の試験体と同様に、CEB による腐食速度の判定基準からは、「不働状態」あるいは「低～中程度の腐食速度」の値を示し、鉄筋の引張力による分極抵抗の測定値に大きな違いは認められなかった。



C009～C012:鉄筋応力 80N/mm<sup>2</sup>, C013～C016:鉄筋応力 100N/mm<sup>2</sup>, C017～C020:鉄筋応力 120N/mm<sup>2</sup>, C021～C024:鉄筋応力 140N/mm<sup>2</sup>

図-4.2.8 分極抵抗の測定結果 (小型 W/C=50% かぶり 35mm)

### (3) T 桁試験体

スラブ型 (C025)、プレテンション S.T 型 (C029)、ポストテンション S.T 型 (C030) の暴露 30 年目における分極抵抗の測定結果を図-4.2.9 に示す。

スラブ型 (C025)、プレテンション S.T 型 (C029)、ポストテンション S.T 型 (C030) それぞれの試験体ともに、CEB による腐食速度の判定基準からは、「不働状態」の領域にあり、自然電位の測定結果と同様に鋼材の腐食の可能性は小さいものと考えられる。

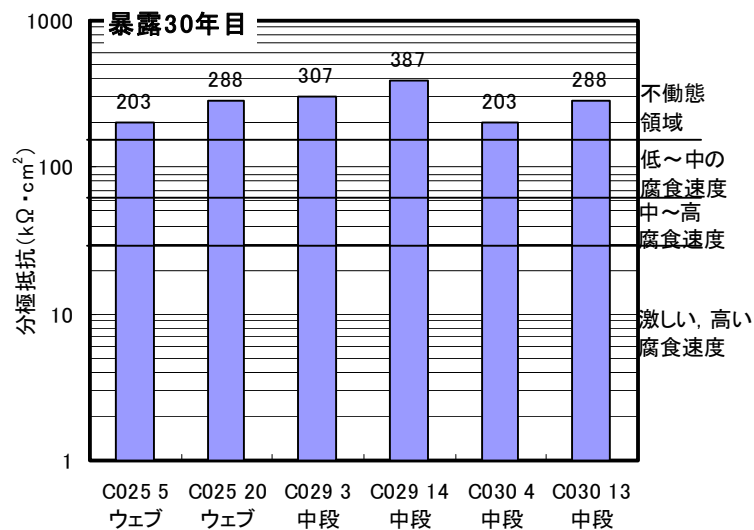
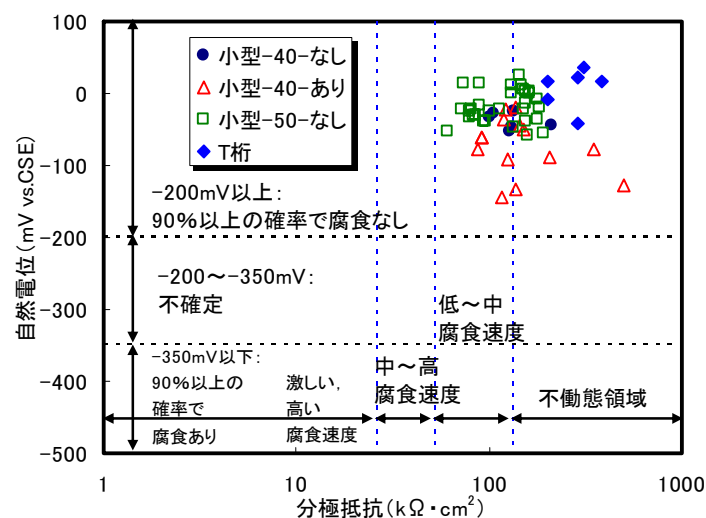


図-4.2.9 分極抵抗の測定結果 (T 桁試験体)

#### 4.2.3 電気化学的測定結果のまとめ

第2デッキに暴露中の小型試験体およびT桁試験体の自然電位と分極抵抗の関係を図-4.2.10に示す。ここで「小型-40-なし」は小型試験体のうち塗装を施していない試験体(C002、C003、C004)を、「小型-40-あり」は小型試験体のうち含浸系塗装を施した試験体(B054、B057、B060、B063、B069、B094)を、「小型-50-なし」は鉄筋応力を作用させた試験体(C009～C024)、「T型」はスラブ型(C025)、プレテンションS.T型(C029)、ポストテンションS.T型(C030)の測定結果をプロットしたものである。

図に示す結果から、第2デッキに暴露した試験体は、自然電位および分極抵抗の測定結果から、腐食が生じている可能性は小さいものと考えられる。特に大型試験体はその可能性が高いものと考えられる。



- 小型-40-なし：小型試験体、W/C=40%、かぶり 25mm、塗装なし試験体
- 小型-40-あり：小型試験体、W/C=40%、かぶり 25mm、含浸系塗装を施した試験体
- 小型-50-なし：小型試験体、W/C=50%、かぶり 35mm、鉄筋応力を作用させた試験体
- T桁：T桁試験体

図-4.2.10 自然電位と分極抵抗の関係

### 4.3 塩分環境の調査

#### (1) 土研法（タンク法）による飛来塩分

図-4.3.1は、本調査期間における飛来塩分量を示す。2013年7月～11月の測定値を除き、概ね0.1～数mddの範囲内にあり、土木研究所が過去に実施した飛来塩分の全国調査での東海地方の調査結果の範囲<sup>4.3.1)</sup>と整合している。2013年7月～11月の期間には、海面から10mの位置にある第2デッキ東面に、台風による強風で吹き上げられた波が到達したことが確認されている(20年以上も静置していた近傍のコンクリート供試体が東からの波により転倒)。この飛来塩分調査法は、海水を捕集器内のポリタンクに直接捕集してしまうという課題があるが、2013年7月～11月調査期の2階東面については、台風による強風で吹き上げられた波が塩分捕集器に到達したため、飛来塩分量が異常に大きく測定されたものとみられる。

第1デッキの東西面においては、過去に同様な調査<sup>4.3.2)</sup>(1986年～1989)が行われており、その結果との比較を図-4.3.2および図-4.3.3に示す。本調査結果は、第1デッキにおける過去の調査結果の範囲内にあるといえる。

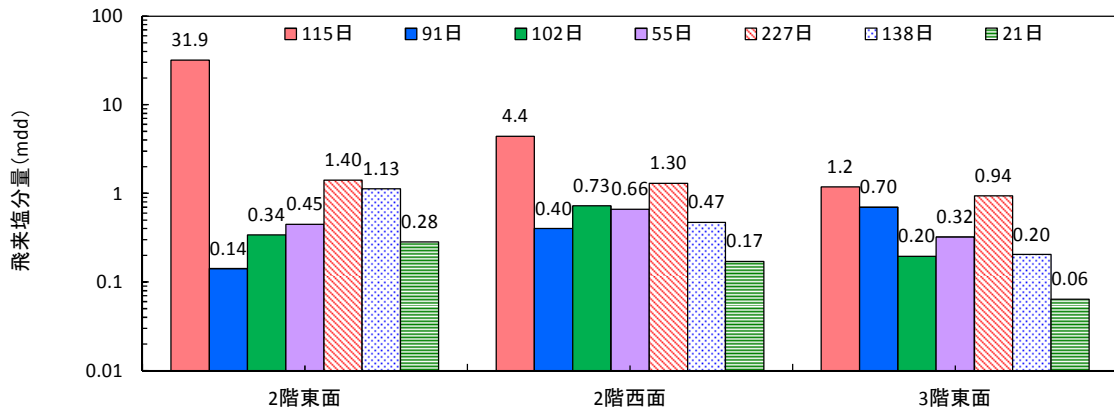


図-4.3.1 土研法（タンク法）による飛来塩分量の測定結果

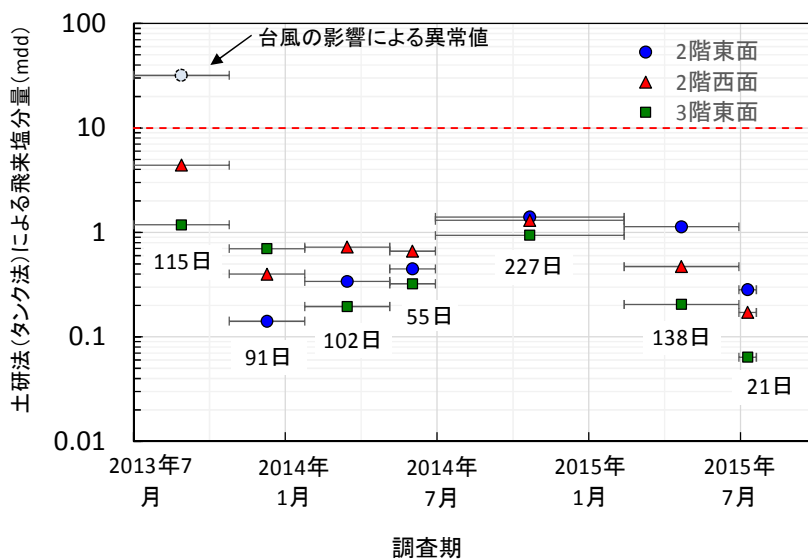


図-4.3.2 土研法（タンク法）による飛来塩分量の経時変動

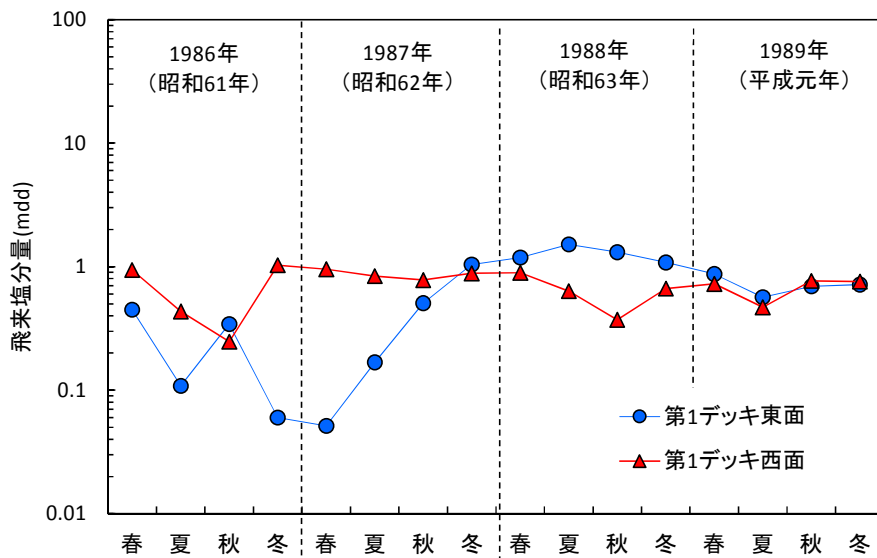


図-4.3.3 過去の調査結果の経時変動（第1デッキの東西面）

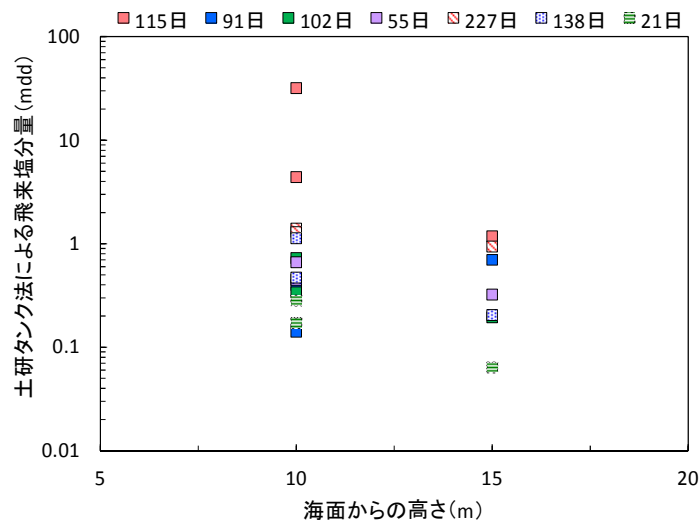
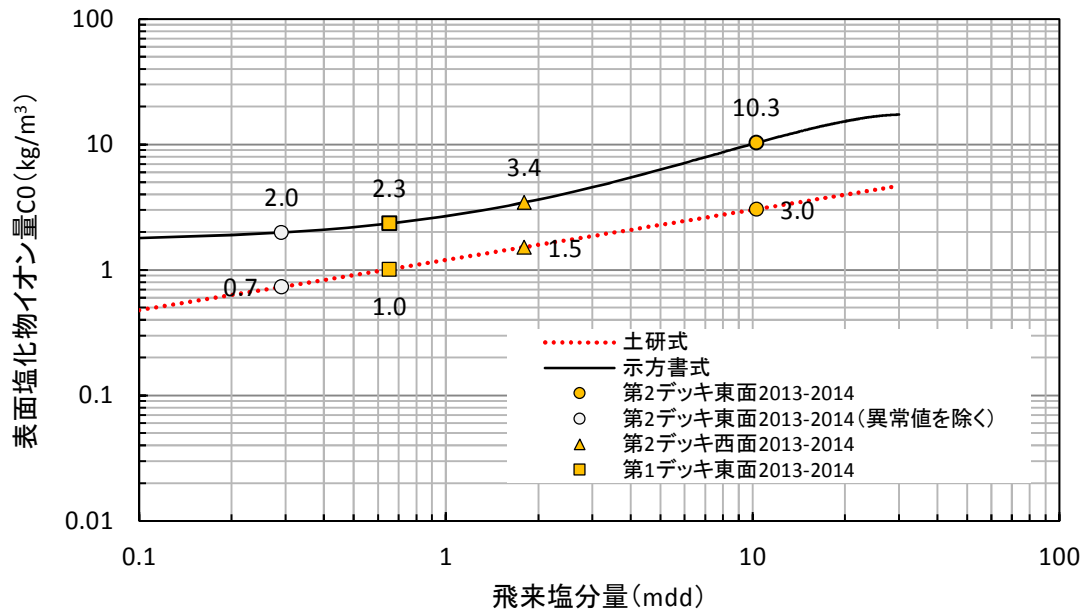


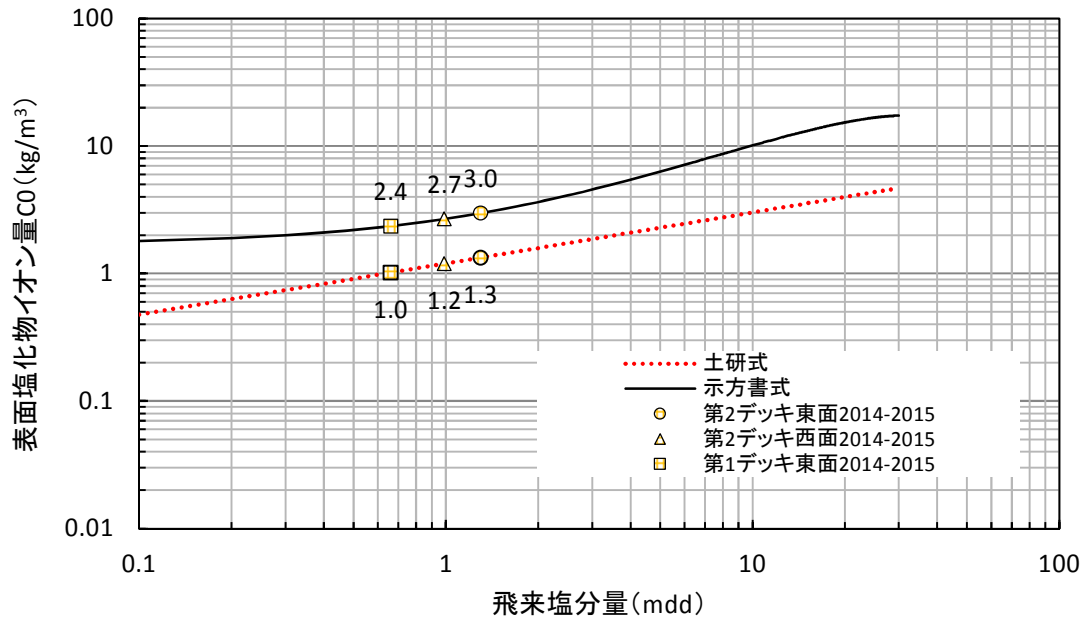
図-4.3.4 土研法（タンク法）による飛来塩分量に対する海面高さの影響

図-4.3.4は、飛来塩分量への海面高さの影響を示す。海面高さの影響は、あまり大きくないものの、飛来塩分量が多い場合には海面に近い方がその値は大きい傾向がある。

図-4.3.5は、飛来塩分量の表面塩化物イオン濃度への換算結果を示す。なお、各デッキの飛来塩分量は、調査期間を考慮した1年間の加重平均である。塩分捕集器を設置したデッキと方向により、表面塩化物イオン濃度への換算値が異なることが確認される。なお、第2デッキ東面については、異常値と思われる2013年7～11月期間の結果を除いた場合も算定している。また、土研式と示方書式による算定値を比較すると、土研式による算定値の方が表面塩化物イオン濃度は低くなるのが分かる。



a) 2013年7月30日～2014年7月28日の期間



b) 2014年7月28日～2015年7月27日の期間

図-4.3.5 土研法（タンク法）による飛来塩分量の表面塩化物イオン濃度への換算

## (2) ガーゼ法による付着塩分

図-4.3.6は、付着塩分量に対する海面からの高さの影響を示す。付着塩分量の測定値は総じて土研法による飛来塩分量よりも小さいものの、海面高さとの関連がみられる。なお、2013年11月22日～2014年2月21日および2015年3月12日～2015年7月22日の期間は、ガーゼ破損等により、データが得られなかった。

図-4.3.7は、付着塩分量に対する設置向きの影響を示す。暴露期間が短い場合（55日・21日）には、東西面と南北面に差が生じるとも言えるが、その差異について論ずるためにはさらにデータ数を増やして検討する必要がある。

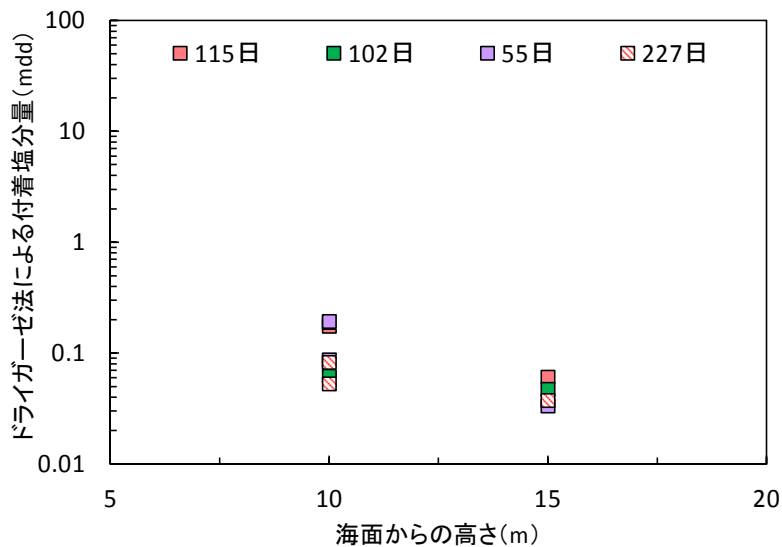


図-4.3.6 ドライガーゼ法による付着塩分量に対する海面からの高さの影響

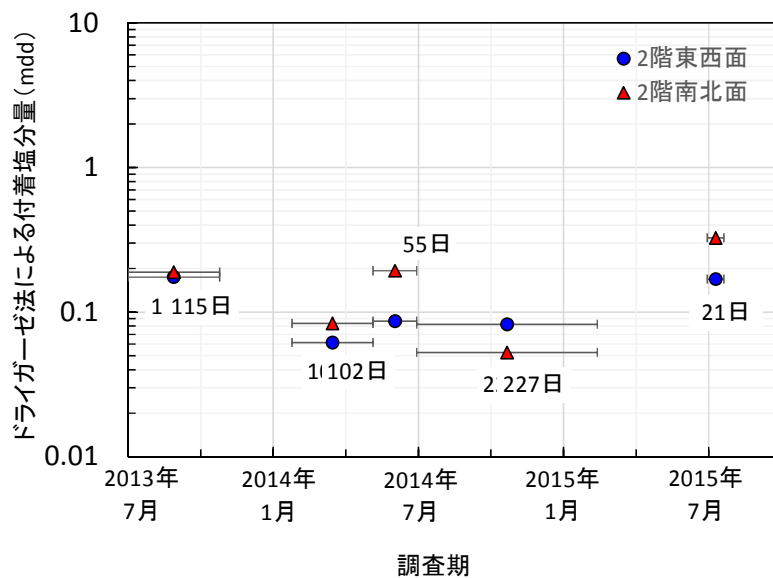


図-4.3.7 ドライガーゼ法による付着塩分量に対する設置方向の影響



### (3) モルタル円盤法による浸透塩分

図-4.3.8 は、モルタル円盤法による浸透塩分量に対する海面からの高さの影響を示す。なお、2013年7月～2014年7月の期間と2014年7月～2015年7月の期間に分けて結果を整理した。浸透塩分量の傾向は、第2デッキ>第1デッキとなっており、飛来塩分量や付着塩分量の場合と同様に海面からの高さの影響を確認できる。また、2013年7月～11月調査期の浸透塩分量が多いなど、各調査期の特徴も共通しており、飛来塩分の調査結果とも対応しうることを示している。

1年間を通して暴露した供試体(図中では黄色および網掛け黄色)の日数あたりの浸透塩分量は、雨がかりのない第2デッキの結果については各調査期の平均値に近い値である。すなわち、分母となる日数が長くなっても日平均量が相当しており、モルタル円盤法による浸透塩分の測定は、1年間といった期間では加算性があることを示している。

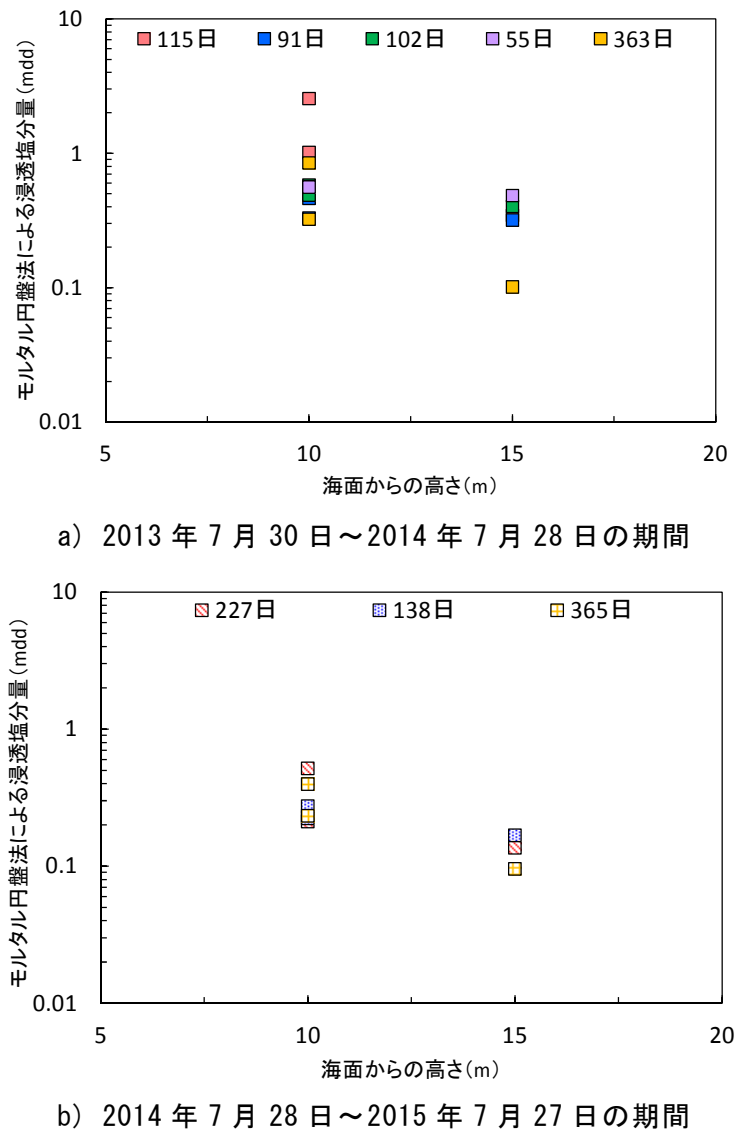


図-4.3.8 モルタル円盤法による浸透塩分量に対する海面高さの影響

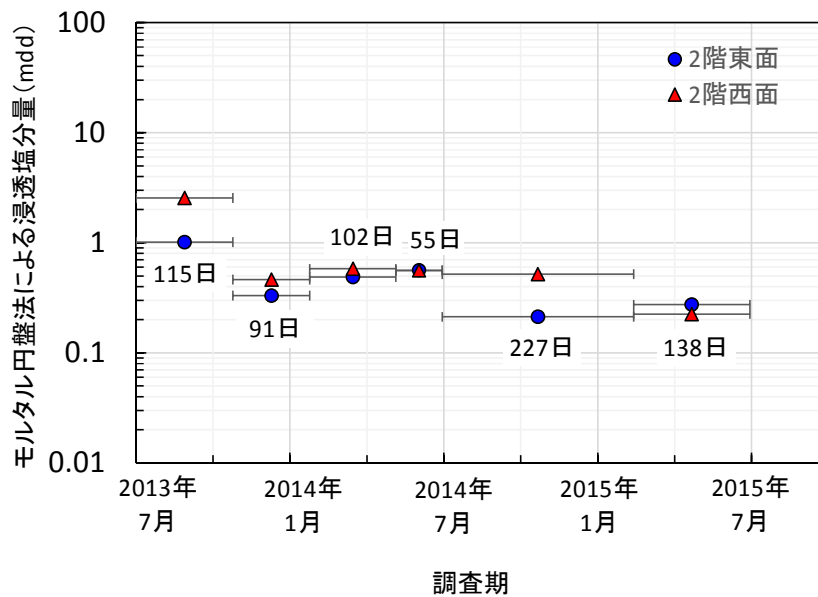
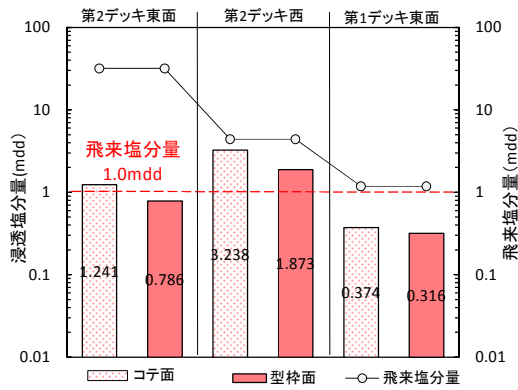


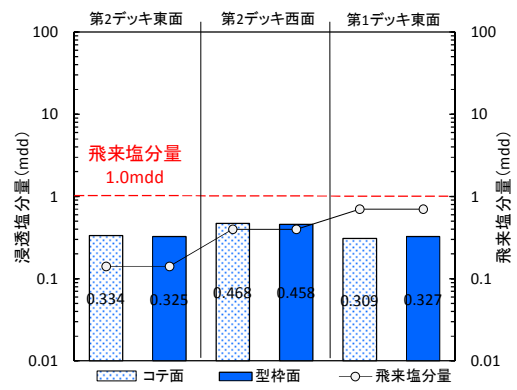
図-4.3.9 モルタル円盤法による浸透塩分量に対する設置方向の影響

図-4.3.9は、モルタル円盤法による浸透塩分量に対する設置方向の影響を示す。浸透塩分量は、西面の方が大きい場合と西面と東面が同程度の場合が確認される。土研法による飛来塩分量と傾向が異なる調査期もあり、調査方法による違いが見られる。

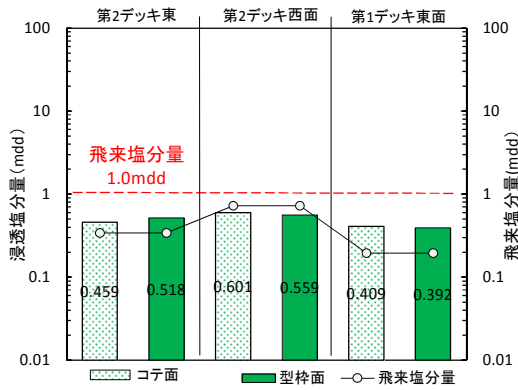
図-4.3.10は、モルタル円盤法による浸透塩分量に対する表面状態の影響を示す。また、同図には、土研法による飛来塩分量の調査結果もあわせて示している。コテ面および型枠面としての表面状態の相違による浸透塩分量は、土研法(タンク法)の飛来塩分量が1mdd程度以上となる場合に、コテ面>型枠面となる傾向が見られ、それよりも飛来塩分量が少ない場合にはほぼ同じ値になることがわかった。



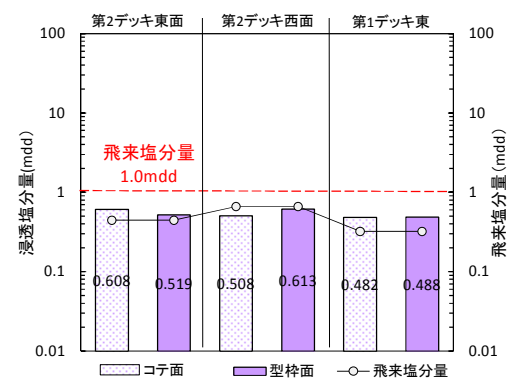
a) 2013年7月30日～2013年11月22日



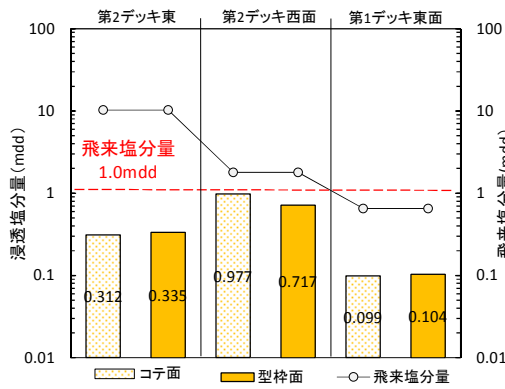
b) 2013年11月22日～2014年2月21日



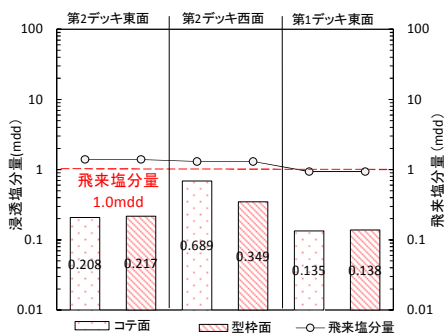
c) 2014年2月21日～2014年6月3日



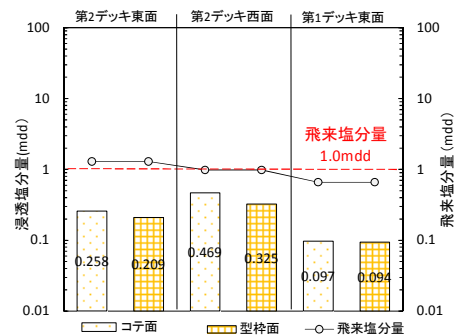
d) 2014年6月3日～2014年7月28日



e) 2013年7月30日～2014年7月28日



f) 2014年7月28日～2015年3月12日



g) 2014年7月28日～2015年7月27日

図-4.3.10 モルタル円盤法による浸透塩分量に対する表面状態の影響

#### (4) モルタル薄片による浸透塩分

図-4.3.11は、モルタル薄片法による浸透塩分量に対する海面からの高さの影響を示す。海面からの高さが2mである第3デッキの浸透塩分量は、10.71mdd（東面）および7.87mdd（西面）であった。海面からの高さが10m～29mでは、高さ2mの場合よりも浸透塩分量の差は小さく、0.067～0.524mddの範囲となった。

図-4.3.12は、モルタル薄片法による浸透塩分量に対する設置方向の影響（第2デッキ）を示す。データ数が他の調査方法よりも少ないものの、調査期によって、東面と西面の浸透塩分量の傾向が異なる結果となった。

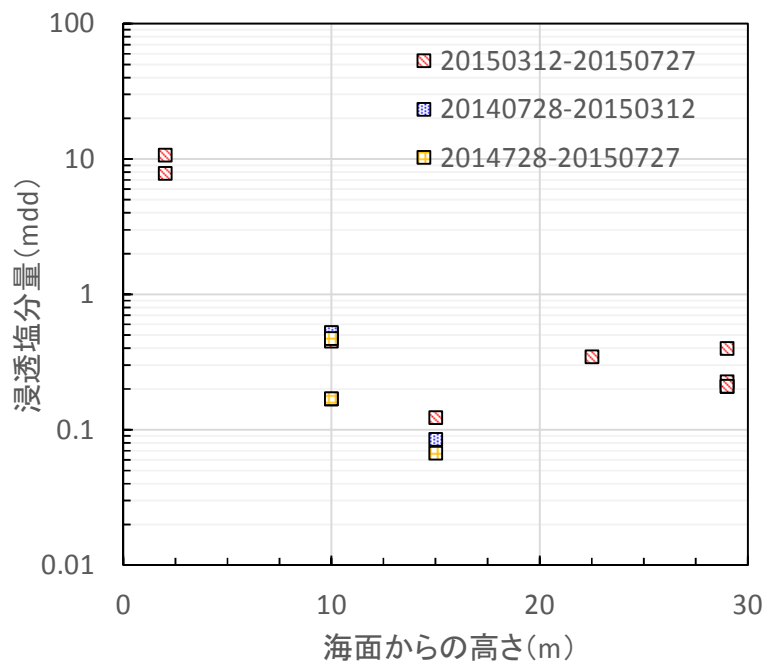


図-4.3.11 モルタル薄片法による浸透塩分量に対する海面からの高さの影響

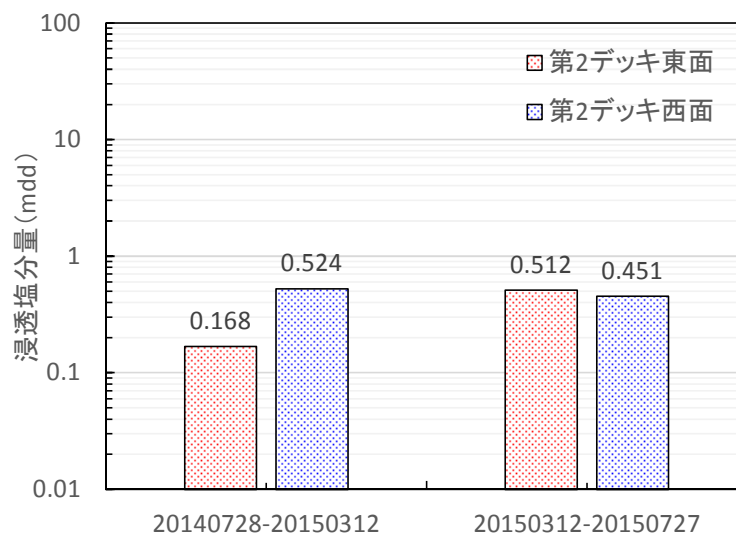


図-4.3.12 モルタル薄片法による浸透塩分量に対する設置方向の影響（第2デッキ）

## (5)まとめ

本調査では、飛来塩分・付着塩分・浸透塩分の測定により、海面からの高さの影響および設置方向の影響を調査し、当該施設内でも塩分環境が異なることを確認した。以下に、各調査により得られた知見を示す。

### 土研法による飛来塩分

- 本調査で測定された飛来塩分量は、台風の影響による異常値を除き、過去の調査結果と整合していた。
- 飛来塩分量が多い場合には、海面から近い方がその値が大きい傾向がある。
- 土木研究所および土木学会コンリート標準示方書による換算式を用い、飛来塩分量を表面塩化物イオン量に換算した結果、海面からの高さおよび設置方向によって、換算値が異なることが確認された。

### ドライガーゼ法による付着塩分

- 土研法による飛来塩分量よりも値は小さいものの、付着塩分量と海面からの高さには関連が見られた。
- 暴露期間が短い場合には、東西面と南北面の付着塩分量に差が確認された。

### モルタル円盤法による浸透塩分

- 第2デッキに設置したモルタル円盤供試体の浸透塩分量は、第1デッキのそれよりも大きく、海面から近い方が浸透塩分量は大きいことが確認された。
- モルタル円盤供試体の浸透塩分量は、調査期間を1年と長くした場合でも各調査期の平均値に近い値となったことから、1年間の暴露期間では加算性があると考えられる。
- モルタル円盤の表面状態をコテ仕上げ面と型枠面とした場合、土研法による飛来塩分量がある程度大きくなった場合に、コテ仕上げ面の供試体の方が浸透塩分量は大きい傾向が確認された。

### モルタル薄片法による浸透塩分

- 第3デッキに設置したモルタル薄片供試体の浸透塩分量は、第2デッキ以上の高さに設置した供試体よりも顕著に大きいことが確認された。
- 本調査の範囲では、第2デッキ以上の高さに設置した供試体の浸透塩分量の差は小さい結果であった。
- モルタル薄片供試体への浸透塩分量は、データ数が他の調査方法のものに比べて少ないものの、調査期によって、東面と西面の浸透塩分量の傾向が異なる結果となった。

参考文献：

- 4.3.1) 土木研究所：建設省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報告書（第一編）」，pp.76-78，1988.
- 4.3.2) 土木研究所：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書，第143号 pp.17-23，1995.

#### 4.4 塩分浸透深さの調査

基準系試験体、防食処理系試験体および腐食調査試験体に関する、塩化物イオンの浸透深さの調査結果をまとめ、塩化物イオンの浸透深さに及ぼす各種要因について以下に検討した。

##### 4.4.1 基準系試験体

###### (1) 塩化物イオン浸透性状

###### a) 塩化物イオン濃度の測定結果

暴露 25 年および 30 年の塩化物イオン濃度の測定結果を表-4.4.1 に示す。なお、表中には検討に用いた暴露 10 年の測定結果もあわせて示す。

表-4.4.1 塩化物イオン濃度の測定結果（基準系試験体）

試験体 No.	試験体構造	セメントの種類	水セメント比 (%)	かぶり (mm)	暴露デッキ	暴露年	塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )					
							測定位置	コアの切削箇所 (cm)				
								0~2		2~4		4~7 (4~6)
								0~1	1~2	2~3	3~4	
A014	RC	高炉	50	50	3	10年	上面	12.811	8.812	3.204		0.262
							下面	10.850	8.742	2.042		0.688
							側面1	9.870	7.207	1.723		0.461
							側面2	10.833	5.706	1.522		0.106
A015					25年	側面1	3.602		0.200		(0.442)	
						側面2	1.738		0.292		(0.991)	
A036	プレテンション	普通	40	70	2	10年	上北	2.292	0.571	0.155		0.083
							上南	3.502	1.122	0.317		0.300
A037						30年	沖1	4.751	0.510	0.117	0.093	-
							沖2	7.740	1.246	0.127	0.108	-
A038	RC	普通	50	70	2	10年	上北	2.026	0.881	0.137		0.192
							上南	1.568	0.909	0.195		0.090
A039						30年	沖1	4.071	4.040	1.561	0.421	-
							沖2	4.034	3.278	1.413	0.606	-
A040	プレテンション	早強	40	70	2	10年	上北	0.640	0.955	0.158		0.245
							上南	1.701	1.015	0.090		0.544
A041						30年	沖1	8.360	3.491	0.782	0.227	-
							沖2	7.840	1.875	0.617	0.235	-
A042	RC	早強	50	70	2	10年	上北	4.206	2.911	0.828		0.059
							上南	1.823	0.626	0.150		0.101
A043						30年	沖1	4.264	5.326	2.877	1.347	-
							沖2	2.908	2.029	0.875	0.540	-
A044	RC	高炉	50	70	2	10年	上北	3.720	3.178	0.227		0.102
							上南	2.980	1.181	0.150		0.077
A045						30年	沖1	2.258	2.885	1.226	0.371	-
							沖2	1.310	3.021	1.955	0.626	-

b) 水セメント比の影響（暴露 30 年の結果）

(a) 普通セメントおよび(b)早強セメントについて、水セメント比 40%と 50%の試験体の塩化物イオン濃度分布の比較とともに、表-3.2.6 に示す鋼材腐食発生限界濃度  $C_{lim}$  を図-4.4.1 に示す。

コンクリート表面から一定の深さごとに塩化物イオン濃度を比較すると、(a) 普通セメント、(b) 早強セメントのいずれも、1 層目 (0~1cm) では水セメント比 40%の方が 50%よりも塩化物イオン濃度が高いが、2~4 層目 (1~4cm) では水セメント比 40%の方が 50%よりも塩化物イオン濃度が低くなる同様の傾向が確認された。

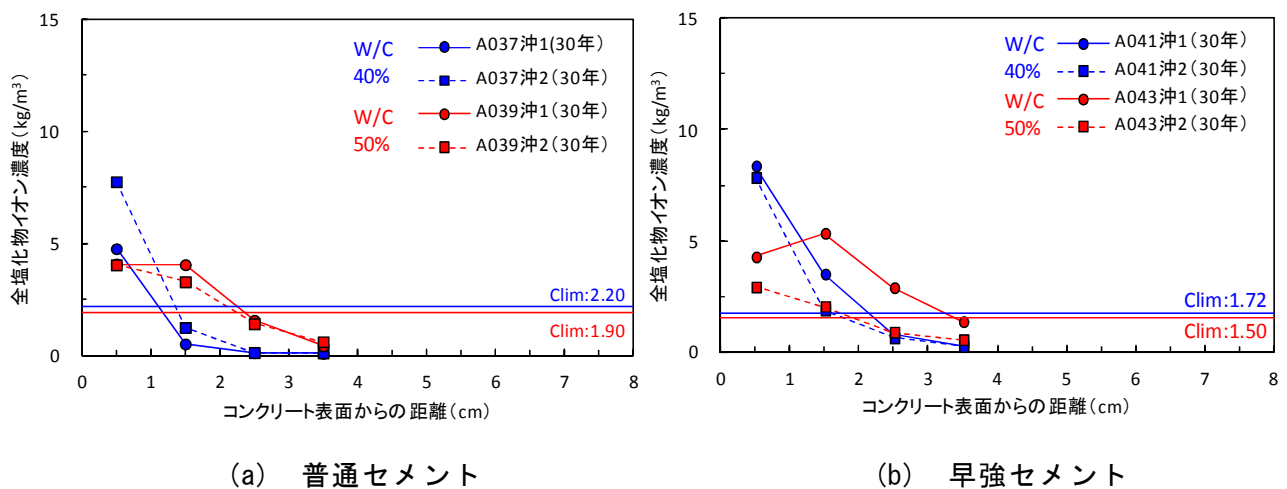


図-4.4.1 水セメント比の影響

c) セメント種類の影響（暴露 30 年の結果）

セメント種類による塩化物イオン濃度分布の比較を図-4.4.2 に示す。(a)水セメント比 40%については、普通セメントと早強セメント、(b)水セメント比 50%については、普通セメント、早強セメント、高炉セメント B 種を比較する。

(a)水セメント比 40%では、塩化物イオンが浸透しているコンクリート表面から深さ 30mm の範囲において、早強セメントの塩化物イオン濃度が普通セメントよりも高いことが分かる。一方、(b)水セメント比 50%では、セメント種類による塩化物イオン濃度に差異はみられなかった。さらに、(b)水セメント比 50%ではコンクリート表面から 1 層目の塩化物イオン濃度が、2 層目よりも顕著に小さくなっている。このような現象は一般的に中性化が原因で生じるものと考えられるが、後述する中性化試験の結果より、いずれの試験体も中性化深さは 0~5mm 程度であることから、乾湿繰返しや飛来塩分等の変動が影響している可能性が考えられる<sup>4.4.1)</sup>。

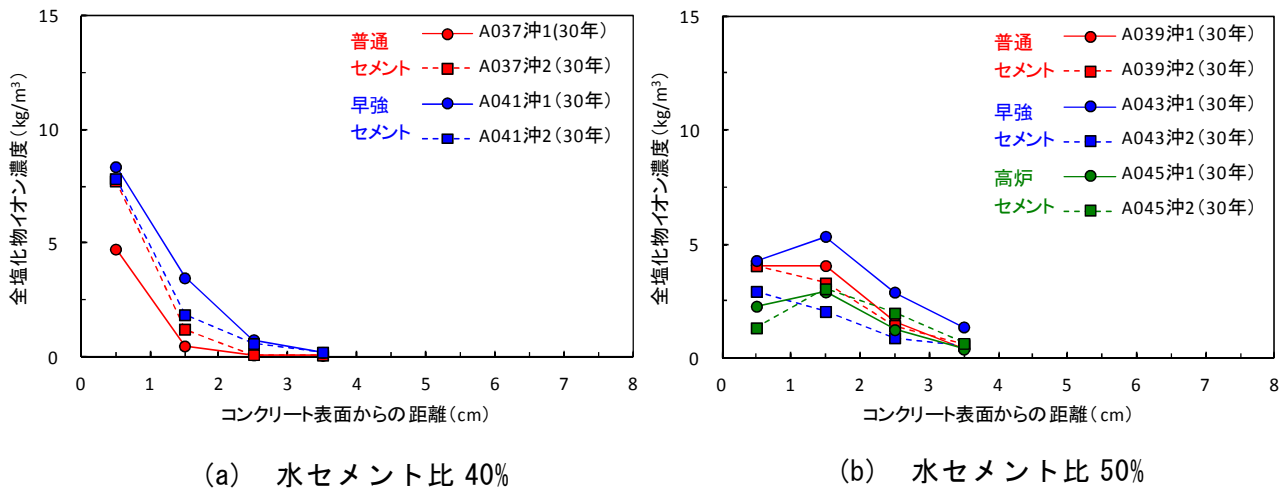


図-4.4.2 セメント種類の影響



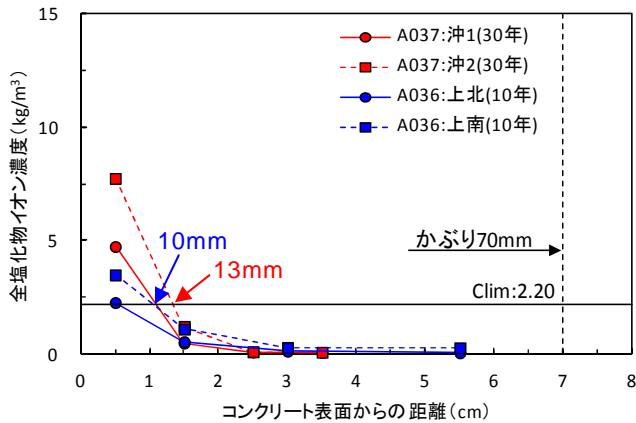
#### d) 暴露 10 年と 30 年の比較

第 2 デッキにおける、暴露 10 年と 30 年におけるコンクリート中の塩化物イオン濃度の深さ方向の分布を、水セメント比とセメントの種類ごとに図-4.4.3 に示す。図中には、かぶり 70mm の位置とともに、「2012 年制定 コンクリート標準示方書 [設計編]」の提案式に基づき、セメントの種類、水セメント比から計算した表-3.2.6 に示す鋼材の腐食発生限界塩化物イオン濃度 ( $C_{lim}$ ) を付記する。さらに、塩化物イオン濃度分布との比較として、後述する中性化深さの測定結果についても参考に図中に示す。

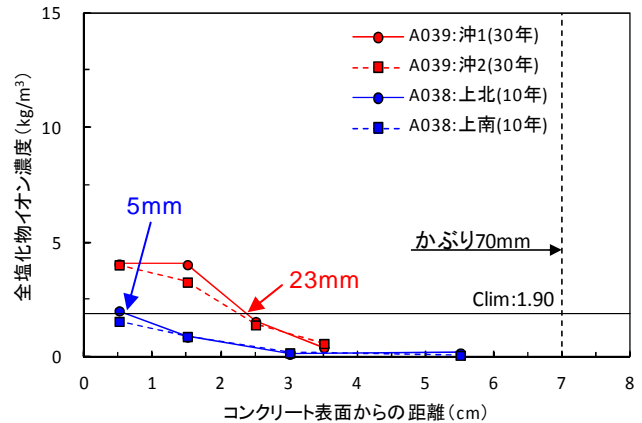
図より、各 2 箇所測定した塩化物イオン濃度の平均値より浸透深さについて確認した。ここでは、フレッシュコンクリート中に含まれる塩化物イオン量を考慮して、 $0.3\text{kg/m}^3$  以下となった範囲で塩分の浸透がほとんどないものと判断して浸透深さを確認した。水セメント比 40% の試験体は、(a) 普通セメントでは、暴露 10 年で深さ 2~4cm において  $0.216\text{kg/m}^3$ 、暴露 30 年で深さ 2~3cm において  $0.122\text{kg/m}^3$  となった。同様に、(b) 早強セメントでは、暴露 10 年で深さ 2~4cm において  $0.124\text{kg/m}^3$ 、暴露 30 年で深さ 3~4cm において  $0.231\text{kg/m}^3$  となった。一方、水セメント比 50% の試験体は、暴露 10 年では (b) 普通セメントが深さ 2~4cm で  $0.166\text{kg/m}^3$ 、(d) 早強セメントが深さ 4~7cm で  $0.080\text{kg/m}^3$ 、(e) 高炉セメントが深さ 2~4cm で  $0.189\text{kg/m}^3$  となった。また、暴露 30 年における塩化物イオン濃度は、いずれも測定した全ての範囲 (0~4cm) において  $0.3\text{kg/m}^3$  を上回る結果となった。

塩化物イオン濃度の分布について暴露 10 年と 30 年の比較を行うと、水セメント比 40% の (a) 普通セメントでは深さ 0~1cm、(c) 早強セメントでは深さ 0~3cm の範囲で塩化物イオン濃度が高くなっており、表層部ほどその傾向は顕著であった。水セメント比 50% では、(b) 普通セメント、(d) 早強セメントのいずれも、深さ方向に関わらず塩化物イオン濃度が高くなる傾向が見られ、(e) 高炉セメントでは暴露期間による塩化物イオン濃度の変化はほとんど見られなかった。さらに、暴露 10 年ではコンクリート表面ほど塩化物イオン濃度が高くなるが、暴露 30 年では 1 層目 (0~1cm) の塩化物イオン濃度が 2 層目 (1~2cm) と同程度かそれ以下となり、暴露年数により分布形状に違いが見られた。

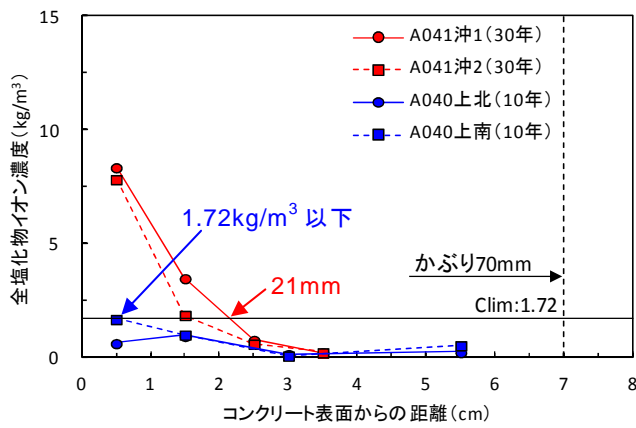
塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界に達するコンクリート表面からの深さについて、暴露 10 年から暴露 30 年にかけての変化量は、(a) 普通セメント (W/C:40%) で +3mm、(b) 普通セメント (W/C:50%) で +18mm、(c) 早強セメント (W/C:40%) で +21mm、(d) 早強セメント (W/C:50%) で +9mm、(e) 高炉セメント (W/C:50%) で +5mm となった。いずれの試験体も、暴露 10 年以降、塩化物イオン濃度の鋼材腐食発生限界はコンクリート表面からより深い位置に進行するが、進行の度合いについては、水セメント比、セメントの種類による傾向は見られなかった。



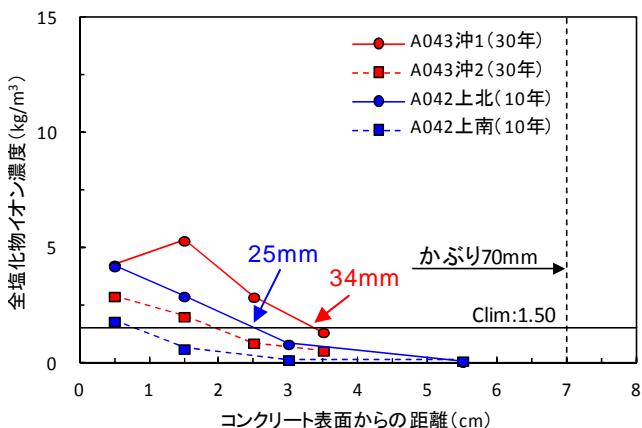
(a) 普通セメント : W/C40%



(b) 普通セメント : W/C50%



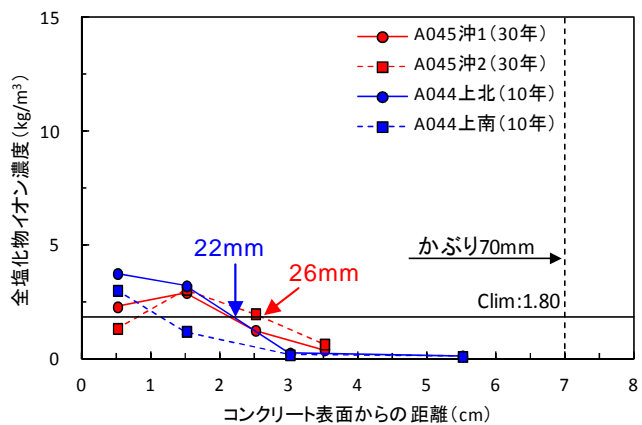
(c) 早強セメント : W/C40%



(d) 早強セメント : W/C50%

【参考】30年目の中性化深さの測定結果  
(表-4.7.1より)

試験体 No.	セメント	W/C	採取箇所	中性化深さ(mm)	
				上面	下面
A037	普通	40%	沖 1	0	0
			沖 2	0	0
A039	普通	50%	沖 1	0	0
			沖 2	0	0
A041	早強	40%	沖 1	0	0
			沖 2	0	0
A043	早強	50%	沖 1	0	0
			沖 2	0	0
A045	高炉 B種	50%	沖 1	5	5
			沖 2	0	0



(e) 高炉セメント : W/C50%

図-4.4.3 暴露10年と30年の塩化物イオン濃度分布の比較

## (2) 表面塩化物イオン濃度と見かけの拡散係数

### a) 表面塩化物イオン濃度と見かけの拡散係数の算出

表面塩化物イオン濃度と見かけの拡散係数は、表-4.4.1の塩化物イオン濃度の測定結果をもとに、以下に示す Fick の拡散方程式の解を用いた近似曲線から算出する。近似曲線は各測定値と解析値の二乗和が最小となる最小二乗法により算出した。算出結果を表-4.4.2に示す。

一般的に、中性化による影響と考えられる、コンクリート表面の塩化物イオン濃度が内部よりも小さい値を示すような場合には、このデータを除外して近似曲線を求めるが、ここでは過去の調査結果およびデータの整理方法との整合をとるため、前記のような傾向が見られるものについても、深さ方向の全ての塩化物イオン濃度の測定結果から近似曲線を求めることとした。

なお、暴露 30 年までに調査を行った全ての試験体中の塩化物イオン濃度の調査結果、表面塩化物イオン濃度と見かけの拡散係数の算出結果および暴露 25 年と 30 年に調査を行った試験体の近似曲線については巻末の資料-4 に示す。

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

ここで、

x : コンクリート表面から塩化物イオン濃度を測定した箇所を中心までの距離 (cm)

t : 暴露年数 (年)

C (x, t) : 距離 (x cm)、暴露年数 (t 年) における測定された塩化物イオン濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

C<sub>0</sub> : コンクリート表面における塩化物イオン濃度 (kg/m<sup>3</sup>)

C<sub>i</sub> : 初期含有塩化物イオン濃度 (kg/m<sup>3</sup>)    C<sub>i</sub> = 0.0 (kg/m<sup>3</sup>)

D<sub>c</sub> : 見かけの拡散係数 (cm<sup>2</sup>/年)

erf : 誤差関数

表-4.4.2 算出結果

試験体 No.	暴露位置 (デッキ)	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
A014	3	25	高炉	50	10	上面	15.5	0.303
						下面	13.6	0.308
						側面	12.3	0.269
						側面	13.7	0.173
A015					25	側面	16.9	0.052
						側面	2.2	0.695
A036	2	70	普通	40	10	上北	3.6	0.058
上南						5.0	0.080	
A037					30	沖1	9.0	0.010
						沖2	13.4	0.013
A038	2	70	普通	50	10	上北	2.7	0.115
上南						2.0	0.188	
A039					30	沖1	5.4	0.110
						沖2	5.1	0.103
A040*	2	70	早強	40	10	上北	0.9	0.861
下南						2.2	0.174	
A041					30	沖1	11.5	0.034
						沖2	12.1	0.020
A042	2	70	早強	50	10	上北	5.2	0.265
下南						2.6	0.087	
A043					30	沖1	5.7	0.238
						沖2	3.6	0.093
A044	2	70	高炉	50	10	上北	4.9	0.242
下南						4.1	0.100	
A045					30	沖1	3.1	0.160
						沖2	2.3	0.670

※A040試験体は、暴露20年の報告書データより $C_0$ 、 $D_c$ の値を再度算出

b) 鋼材位置に到達する塩化物イオン濃度の試算

暴露 30 年における塩化物イオンの見かけの拡散係数と表面塩分量の測定結果から、鉄筋位置における塩化物イオン濃度の経年変化の推定を図-4.4.4 に示す。ここでは、鉄筋位置はかぶり 70mm の位置として検討している。

この結果より、本検討の範囲においてはかぶり 70mm を確保することで、100 年後においても鉄筋位置における塩化物イオン濃度が鋼材腐食発生限界濃度以下に抑制されることが示唆されている。

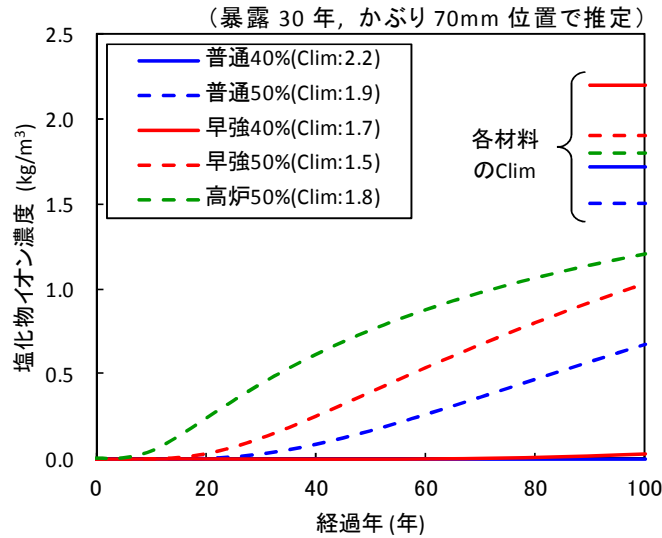
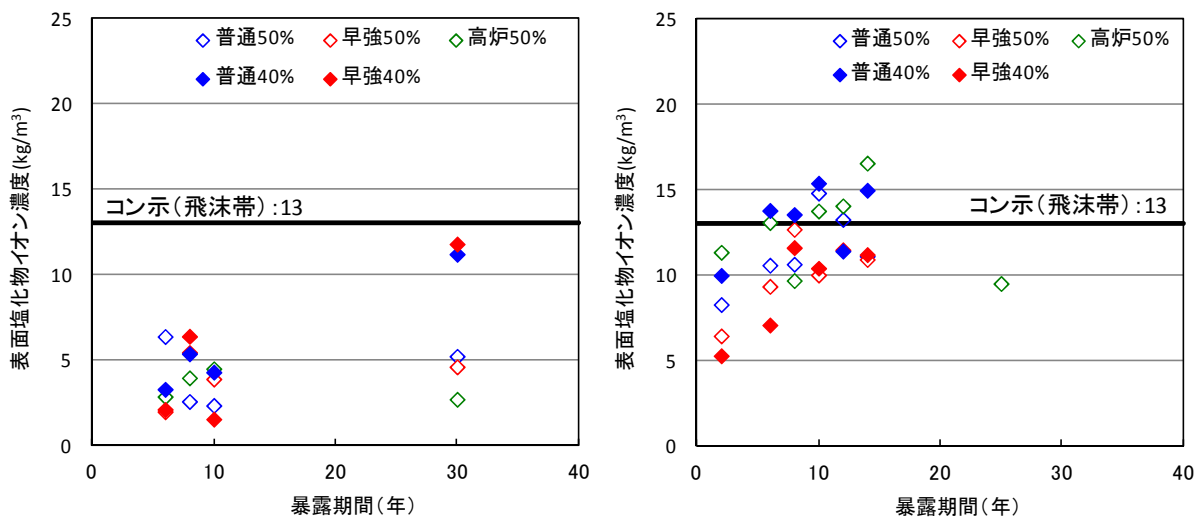


図-4.4.4 塩化物イオン濃度の経年変化

c) 暴露期間が表面塩化物イオン濃度に及ぼす影響

暴露 2 年から 30 年まで測定した塩分量の調査結果より、表面塩化物イオン濃度を算出し、セメント種類、水セメント比ごとに同一調査年のデータを平均した値を図-4.4.5 に示す。(a) 第 2 デッキにおける経年による表面塩化物イオン濃度の変化は、水セメント比 40% では暴露 10 年から 30 年にかけて増加が見られたが、水セメント比 50% では暴露 10 年から 14 年にかけてほぼ一定の増加傾向を示している。これは、図-4.4.1 に示す水セメント比 40% と 50% のコンクリート中への塩化物イオンの浸透性状の違いが影響していることが考えられる。一方、(b) 第 3 デッキでは水セメント比 40%、50% のいずれも暴露開始から 14 年目にかけて表面塩化物イオン濃度が増加する傾向を示した。また、(a) 第 2 デッキと (b) 第 3 デッキでは、同じ暴露期間において第 3 デッキが高い表面塩化物イオン濃度を示している。これらの結果は、海上に位置する同じ飛沫帯環境においても、波かかりの有無によって表面塩化物イオン濃度に影響を及ぼしていることが考えられる。



(a) 第 2 デッキ

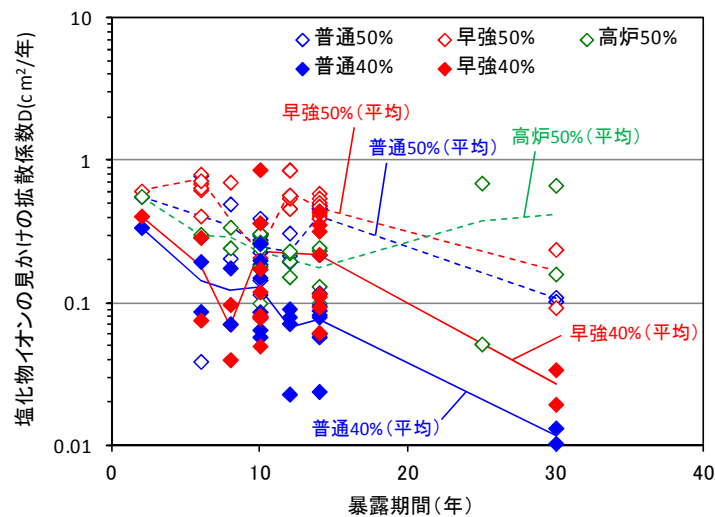
(b) 第 3 デッキ

図-4.4.5 暴露期間と表面塩化物イオン濃度(平均値)の関係

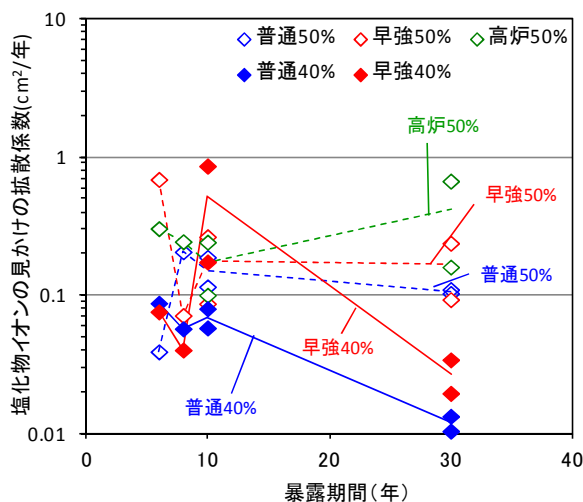
d) 暴露期間が見かけの拡散係数に及ぼす影響

塩化物イオンの見かけの拡散係数を図-4.4.6、暴露年ごとの見かけの拡散係数の平均値を表-4.4.3に示す。図-4.4.6は(a)第2デッキ・第3デッキの見かけの拡散係数を同じ図にプロットしたものと、(b)第2デッキ、(c)第3デッキの各々で評価したものを示し、各図中には同じ暴露期間におけるデータの平均値を算出しその推移を直線で示した。対象としたデータは、第2デッキと第3デッキで暴露した計120データとした。

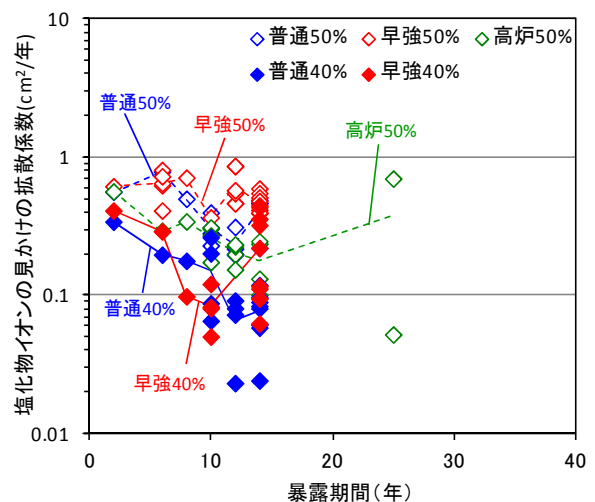
測定結果より、普通セメントと早強セメントの塩化物イオンの見かけの拡散係数は、暴露年数の経過とともに低下する傾向が見られた。さらに、水セメント比40%では50%に比べて見かけの拡散係数は小さくなり、セメントの種類による影響は、早強セメントに比べて普通セメントの見かけの拡散係数が小さくなった。一方、高炉セメントB種(水セメント比50%)は、暴露14年までは見かけの拡散係数の低下が見られたが、25年、30年ではばらつきが大きいものの、見かけの拡散係数の平均値は暴露2年と同程度に増加した。暴露



(a) 第2デッキ・第3デッキ



(b) 第2デッキ



(c) 第3デッキ

図-4.4.6 暴露期間と塩化物イオンの見かけの拡散係数の関係

30年において、高炉セメントB種は、一般的な傾向とは異なり、見かけの拡散係数が普通セメントおよび早強セメントよりも高い値を示した。ただし、既往の研究(4.4.2)、(4.4.3)、(4.4.4)には、高炉セメントB種を用いた長期暴露試験において、見かけの拡散係数が暴露15年で $0.22\text{cm}^2/\text{年}$ 、暴露30年で $0.47\text{cm}^2/\text{年}$ といった結果を示しているものもあり、本委員会における調査結果と同様の傾向が見られる。

表-4.4.3 暴露年ごとの見かけの拡散係数の平均値

セメント種類	W/C (%)	暴露年 (年)	拡散係数の平均値 ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )	試験体(暴露デック)	データ数
普通	40	2	0.339	A001(3)	1
		6	0.142	A001(3), A036(2)	2
		8	0.124	A002(3), A036(2)	2
		10	0.125	A002(3), A036(2)	6
		12	0.067	A016(3)	4
		14	0.076	A016(3), A026(3)	8
		30	0.012	A037(2)	2
	50	2	0.558	A004(3)	1
		6	0.411	A005(3), A038(2)	2
		8	0.351	A018(3), A038(2)	2
		10	0.252	A005(3), A038(2)	6
		12	0.230	A029(3)	4
		14	0.408	A028(3)	4
		30	0.107	A039(2)	2
早強	40	2	0.407	A007(3)	1
		6	0.182	A007(3), A040(2)	2
		8	0.069	A008(3), A040(2)	2
		10	0.228	A008(3), A040(2)	6
		14	0.215	A020(3), A030(3)	8
		30	0.027	A041(2)	2
		50	2	0.611	A010(3)
	6		0.746	A010(3), A011(3), A042(2)	6
	8		0.389	A011(3), A042(2)	2
	10		0.239	A042(2)	3
	12		0.609	A022(3), A023(3)	8
	14		0.469	A022(3), A032(3)	8
	30		0.166	A043(2)	2
	高炉	50	2	0.561	A013(3)
6			0.297	A013(3), A044(2)	2
8			0.292	A024(3), A044(2)	2
10			0.233	A014(3), A044(2)	6
12			0.202	A034(3)	4
14			0.178	A034(3)	4
25			0.373	A015(3)	2
30			0.415	A045(2)	2

既往の調査結果より平均値のデータを抽出したもの。  
 既往の調査結果より個別の塩分測定データを平均したもの。  
 個別の塩分測定データと平均値のデータが混在したもの。

#### e) 水セメント比が見かけの拡散係数に及ぼす影響

水セメント比と塩化物イオンの見かけの拡散係数の関係を、各セメント種類において、暴露 10 年未満と暴露 10 年以降でまとめた結果を図-4.4.7 に示す。図中には、2012 年コンクリート標準示方書 [設計編] の式（以下、示方書式）を示す。ただし、早強セメントについては、2012 年制定 コンクリート標準示方書 [設計編] に式が提示されていないため、普通セメントの示方書式および参考文献 4.4.3) による提案式（以下、土研式）を示す。

検討結果より、普通セメント、早強セメントの回帰式は、暴露 10 年未満、暴露 10 年以降のいずれも普通セメントに対する示方書式に比べて小さい拡散係数を示すことが確認された。特に、普通セメントでは、暴露 10 年以降の拡散係数は、全て示方書式に対して小さい値を示す結果となった。一方、高炉セメント B 種の平均値は、示方書式と比べて大きい値を示す結果となった。

#### < 塩化物イオンの見かけの拡散係数式 >

##### 2012 年制定 コンクリート標準示方書 [設計編] (示方書式)

(a) 普通ポルトランドセメントの場合

$$\log_{10} D_{ap} = 3.0(W/C) - 1.8$$

(b) 高炉セメント B 種相当の場合

$$\log_{10} D_{ap} = 3.2(W/C) - 2.4$$

ここに、 $D_{ap}$  : 塩化物イオンの見かけの拡散係数 ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )

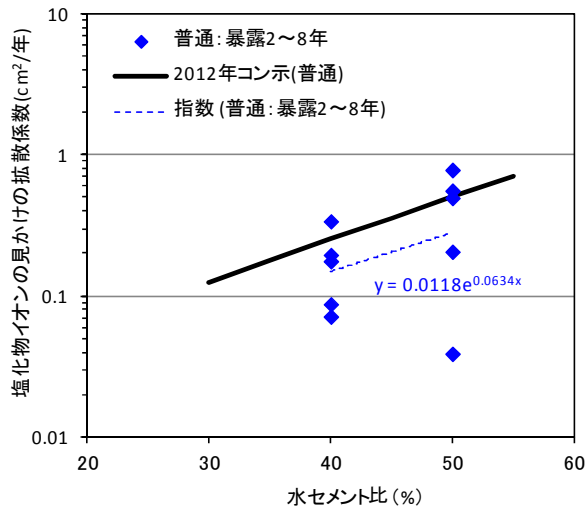
$W/C$  : 水セメント比 ( $0.30 \leq W/C \leq 0.55$ )

##### 参考文献 4.4.3) による提案式 (土研式)

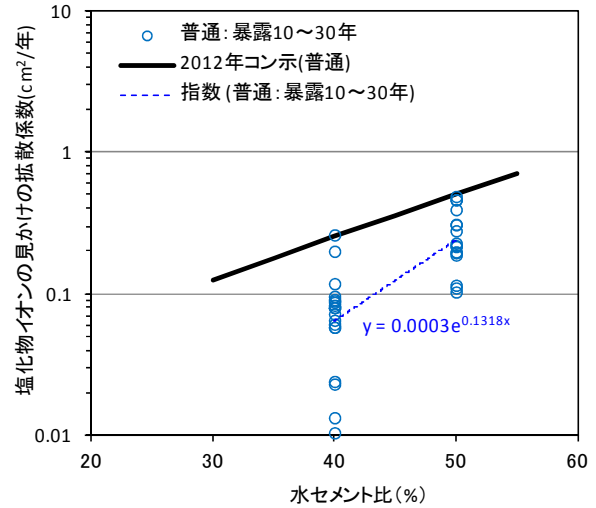
$$D_c = (5 \times 10^{-7}) e^{-1.6(C/W)}$$

ここに、 $D_c$  : 塩化物イオンの見かけの拡散係数 ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )

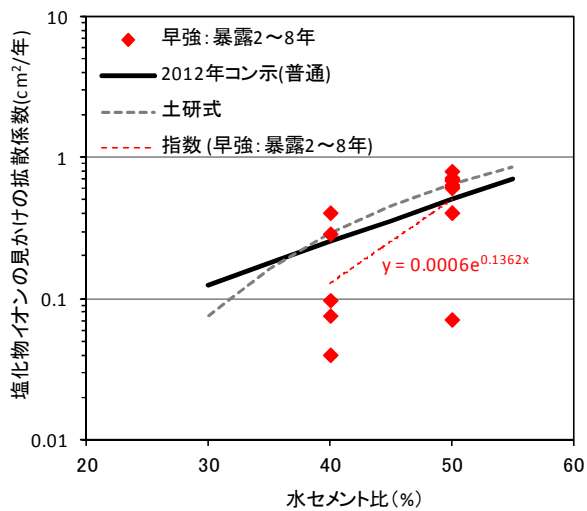




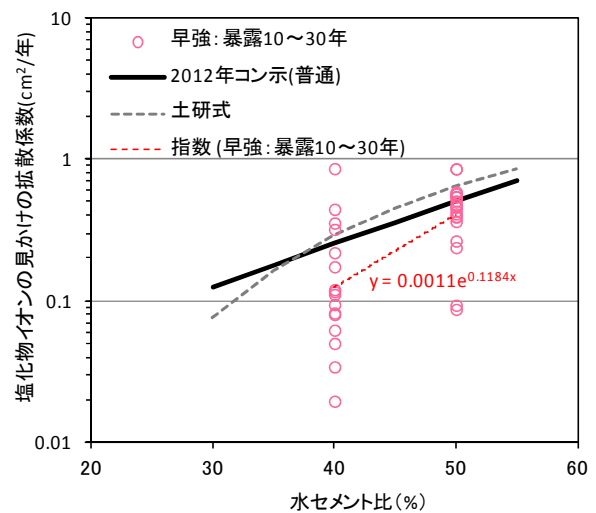
(a) 普通セメント(暴露10年未満)



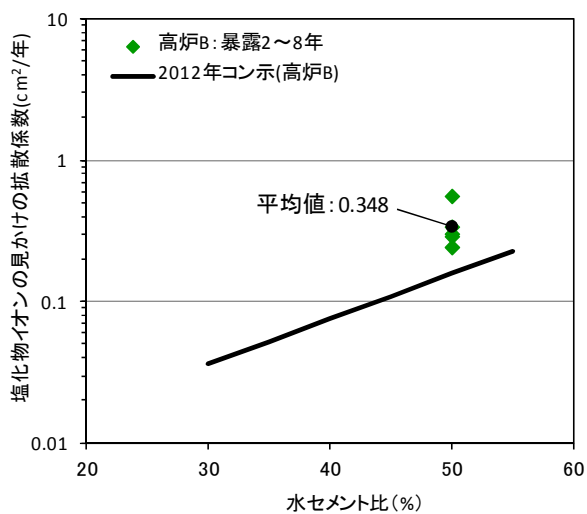
(b) 普通セメント(暴露10年以上)



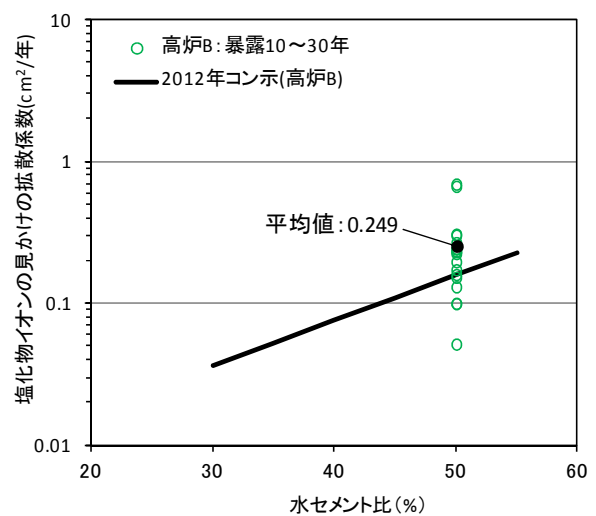
(c) 早強セメント(暴露10年未満)



(d) 早強セメント(暴露10年以上)



(e) 高炉セメントB種(暴露10年未満)



(f) 高炉セメントB種(暴露10年以上)

図-4.4.7 水セメント比と塩化物イオンの見かけの拡散係数の関係

### (3) 基準系試験体の考察とまとめ

#### a) 塩化物イオンの浸透深さについて

暴露年数が塩化物イオンの浸透深さに及ぼす影響について、暴露 10 年に対する暴露 30 年のコンクリート中の塩化物イオン濃度分布を比較すると、普通セメントおよび早強セメントでは、経年により塩化物イオン濃度が高くなる結果がみられた。さらに、経年による塩化物イオン濃度の増加には水セメント比により明らかな傾向の違いが確認され、水セメント比 40%ではコンクリート表面近傍で塩化物イオン濃度が高くなる傾向が見られたが、水セメント比 50%ではコンクリート内部まで一様に塩化物イオン濃度が高くなる傾向が見られた。一方、高炉セメントでは暴露 10 年と 30 年の塩化物イオン濃度はほぼ一致する結果となった。

また、鋼材位置における塩化物イオン濃度は、「道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編 平成 24 年 3 月」に規定される対策区分 S（海上部及び海岸線から 100m まで）において、塩害の影響による最小かぶり 70mm を確保することで、鋼材位置で腐食発生限界濃度以下に抑えられることが確認された（表-4.4.4）。

表-4.4.4 塩害の影響による最小かぶり (mm)

塩害の影響の度合い	対策区分	構造		
		(1) 工場で製作されるプレストレストコンクリート構造	(2) (1)以外のプレストレストコンクリート構造	(3) 鉄筋コンクリート構造
影響が激しい	S	70 <sup>*1</sup>		
影響を受ける	I	50	70	
	II	35	50	70
	III			50
影響を受けない		6.6.1「鋼材のかぶり」による		

<sup>\*1</sup> 塗装鉄筋の使用またはコンクリート塗装を使用

暴露 30 年における塩化物イオンの浸透度合いについて比較すると、水セメント比 40%と 50%では明らかな差異が見られたが、普通セメントと早強セメントによる差異は小さい結果となった。水セメント比による塩化物イオン濃度を比較すると、コンクリート表面からの深さ 0~1cm では水セメント比 40%の方が 50%に対して顕著に塩化物イオン濃度が高いが、深さ 1cm 以上では水セメント比 50%の方が 40%に対して高い値を示すことが分かる。これは、水セメント比が小さく単位セメント量が多いことで組織が緻密化され、塩化物イオンの浸透を抑制したものと考えられる。

#### b) 表面塩化物イオン濃度および見かけの拡散係数について

塩化物イオンの見かけの拡散係数に及ぼす暴露年数と水セメント比の関係は、暴露 10 年では水セメント比 40%と 50%の塩化物イオンの見かけの拡散係数の差異は小さい結果となった。一方、暴露 30 年では、水セメント比 40%では暴露 10 年から低下するが、水セメント比 50%では暴露 10 年と殆ど変わらないことが確認された。

#### 4.4.2 防食処理系試験体

##### (1) 塩化物イオン浸透性状

##### a) 塩化物イオン濃度の測定結果

防食処理系試験体の塩化物イオンの浸透深さに関する測定結果および浸透深さに及ぼす各種要因について以下に検討した。防食処理系試験体の深さ方向に関する塩化物イオン濃度の測定結果を表-4.4.5に示す。表中には、コンクリート塗装を施した試験体 B019、B022、B025 の過去の調査結果、およびコンクリート塗装に対する比較として無塗装の C002 試験体の調査結果を併記する。

表-4.4.5 塩化物イオン濃度の測定結果(防食処理系試験体)

試験体 No.	試験体構造	セメントの種類	水セメント比 (%)	かぶり (mm)	防食塗装			備考	暴露デッキ	暴露年	塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )					
					コンクリート塗装	含浸系塗装	鉄筋防食ほか				測定位置	コアの切削箇所 (cm)				
												0~1	1~2	2~3	3~4	4~5 (4~6)
B008	RC	早強	40	25			○	亜鉛めっき	3	25年	側面	3.886	0.889		(0.212)	
											側面	3.527	0.439		(0.327)	
B019	プレテンション	早強	40	25	○			A種 エポキシ	2	6年	側面	-	0.010	0.006	0.006	
										10年	側面	-	0.072	0.078	0.082	
										30年	側面	0.350	0.390	0.880	0.980	-
										31年	側面	0.513	-	-	-	
B022	RC	早強	40	25	○		B種 柔軟エポキシ	2	6年	側面	-	0.011	0.006	0.005		
30年									側面	0.970	1.120	1.180	0.820	-		
31年									側面	0.301	0.289	-	-			
B025	RC	早強	40	25	○		B種 柔軟ウレタン	2	6年	側面	-	0.006	0.005	0.005		
10年									側面	-	0.120	0.103	0.085			
B025									2	30年	側面	0.230	0.290	0.280	0.390	-
B054	プレテンション	早強	40	25		○	シリコン系	2	30年	側面	4.930	1.680	0.280	0.130	-	
B057	プレテンション	早強	40	25		○	アクリル系	2	30年	側面	6.980	1.320	0.240	0.120	-	
B060	プレテンション	早強	40	25		○	シリコン系	2	30年	側面	5.660	1.960	0.270	0.140	-	
B063	プレテンション	早強	40	25		○	有機無機複合	2	30年	側面	8.890	2.640	0.770	0.210	-	
B066	プレテンション	早強	40	25		○	アクリル系	2	30年	側面	7.630	4.180	1.790	0.450	-	
B069	プレテンション	早強	40	25		○	ビニルエステル系	2	30年	側面	6.930	3.060	0.930	0.240	-	
B092	ポストテンション	早強	40	35		○	塗装鉄筋・ポリアクリレート	2	30年	側面	10.025	5.530	2.260	0.760	-	
B094	プレテンション	早強	40	25		○	ポリエステル系	2	30年	側面	5.150	1.710	0.390	0.130	-	
C002	プレテンション	早強	40	25					2	30年	側面	7.677	2.903	0.928	0.339	-
										30年	側面	6.447	3.098	1.244	0.545	-

※C002は比較のための参考データ

b) コンクリート塗装の暴露年数の影響

暴露 6 年、10 年、30 年および 31 年における塩化物イオン濃度の深さ方向の分布を図-4.4.8 に示す。なお、B019 および B022 の暴露 30 年の調査結果については、既往の調査で削孔した近傍のコア孔から浸入した塩分の影響を受けている可能性が考えられたため、暴露 31 年時に追加調査を行った。追加調査では、既往のコア孔の影響が及ばない箇所からコアを採取した。

調査の結果、暴露 10 年まではいずれの試験体も塩化物イオン濃度の浸透は殆ど見られず、B019 および B022 の暴露 31 年では  $0.3 \sim 0.5 \text{ kg/m}^3$  程度、B025 の暴露 30 年では  $0.2 \sim 0.4 \text{ kg/m}^3$  程度である。

B019 および B022 の暴露 30 年では、 $0.3 \sim 1.1 \text{ kg/m}^3$  程度の塩化物イオンが測定され、その分布は深さ方向に一定もしくは増加する結果となった。

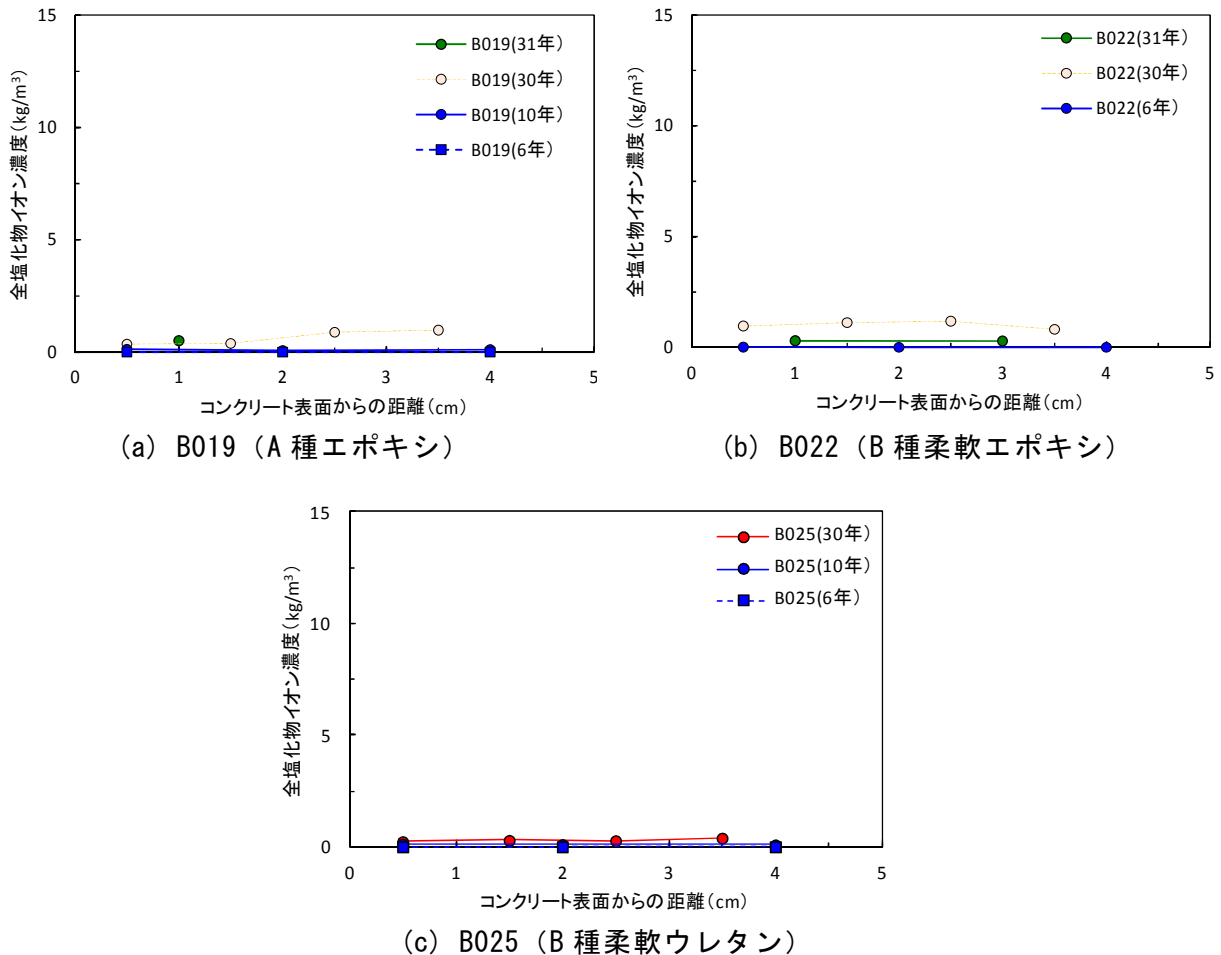


図-4.4.8 コンクリート塗装試験体の塩化物イオン濃度分布 (早強セメント、W/C:40%、第2デッキ)

### c) コンクリート塗装の種類の影響

暴露 30 年における、コンクリート塗装を施した試験体 B019、B022、B025 の塩化物イオン濃度の分布を図-4.4.9 に示す。図中には、比較として無塗装の C002（腐食調査試験体）の調査結果、かぶり厚さ 25mm の位置および「2012 年制定 コンクリート標準示方書：設計編」に基づき、水セメント比とセメントの種類から計算した鋼材の腐食発生限界濃度  $1.72\text{kg/m}^3$  を併記する。

塗膜を施した試験体は、コンクリート中に  $0.3\sim 0.5\text{kg/m}^3$  程度の塩化物イオン濃度が確認されたものの、無塗装の試験体と比較すると明らかな塩分浸透抑制効果が確認された。また、暴露開始から 30 もしくは 31 年が経過した時点においても鋼材の腐食発生限界濃度を超えないことが確認された。

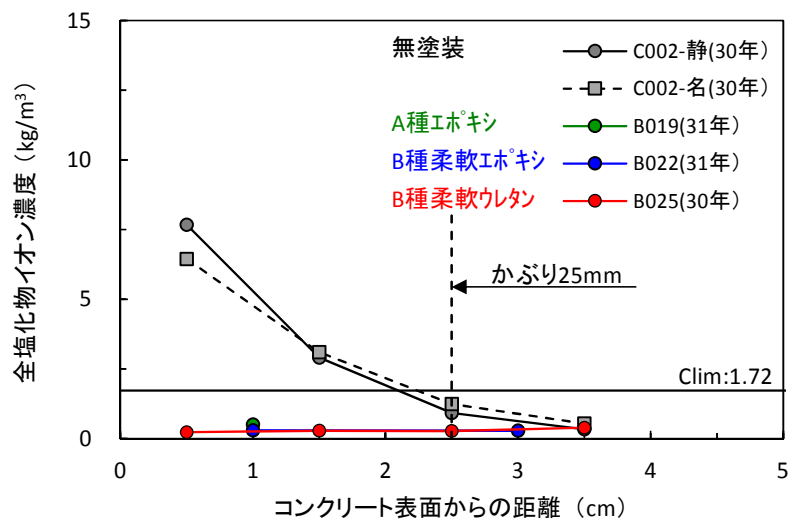


図-4.4.9 コンクリート塗装の塩化物イオン濃度分布

#### d) 含浸系塗装の種類の影響

暴露 30 年における、含浸系塗装試験体 (B054、B057、B063、B066、B069、B094) のかぶり深さ毎の塩化物イオン濃度の分布を図-4.4.10 に示す。図中には、比較として無塗装の C002 (腐食調査試験体) の調査結果、かぶり厚さ 25mm の位置および「2012 年制定 コンクリート標準示方書：設計編」に基づき、水セメント比とセメントの種類から計算した鋼材の腐食発生限界濃度  $1.72\text{kg/m}^3$  を併記する。

図より、含浸系塗装を施した試験体の塩化物イオン濃度は、多少のばらつきはあるものの、無塗装の C002 と比較して、塩化物イオン濃度の分布に有意な差は見られなかった。また、コンクリート表面から深さ 25mm の位置における塩化物イオン濃度は、アクリル系の含浸系塗装を施した 1 体以外は、全て腐食発生限界濃度以下となることが確認された。

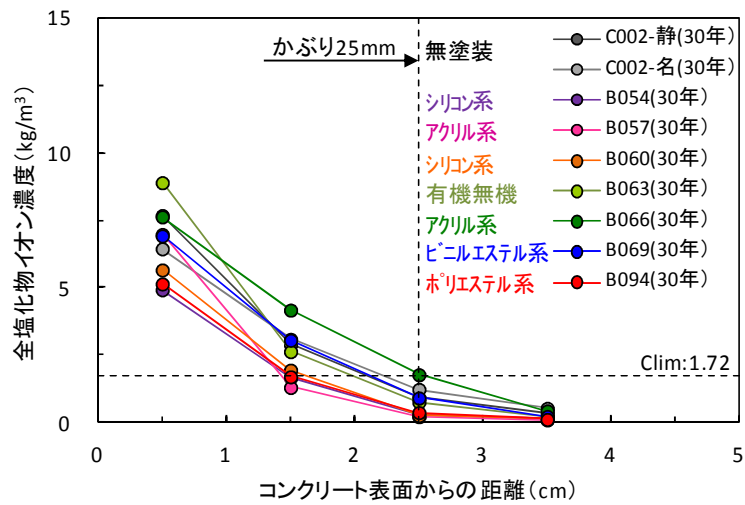


図-4.4.10 塩化物イオン濃度の分布

(2) 表面塩化物イオン濃度と見かけの拡散係数

a) 表面塩化物イオン濃度と見かけの拡散係数の算出

近似曲線は各測定値と解析値の二乗和が最小となる最小二乗法により算出した。算出結果を表-4.4.6に示す。

表-4.4.6 算出結果(防食処理系試験体)

試験体 No.	暴露位置 (デッキ)	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	防食塗装				暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 C0 (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 Dc (cm <sup>2</sup> /年)
					コンクリート塗装	含浸系塗装	鉄筋防食	備考				
B008	3	25	早強	40			○	亜鉛めっき	25年	側面	9.580	0.116
										側面	11.360	0.078
B019	2	25	早強	40	○			A種エポキシ	6年	-		
									10年	-		
									30年	側面	0.648	115814.554
									31年	側面	-	-
B022	2	25	早強	40	○			B種柔軟エポキシ	6年	-		
B022	2								30年	側面	1.101	8.571
									31年	側面	-	-
B025	2	25	早強	40	○			B種柔軟ウレタン	6年	-		
B025	2								10年	-		
									30年	側面	0.305	321.474
B054	2	25	早強	40		○		シリコン系	30年	側面	7.142	0.026
B057	2	25	早強	40		○		アクリル系	30年	側面	11.614	0.015
B060	2	25	早強	40		○		シリコン系	30年	側面	8.214	0.026
B063	2	25	早強	40		○		有機無機複合	30年	側面	13.062	0.024
B066	2	25	早強	40		○		アクリル系	30年	側面	9.708	0.058
B069	2	25	早強	40		○		ビニルエステル系	30年	側面	9.310	0.039
B092	2	35	早強	40			○	塗装鉄筋・ポリエチレン系	30年	側面	12.736	0.059
B094	2	25	早強	40		○		ポリエステル系	30年	側面	7.429	0.027
C002	2	25	早強	40					30年	側面	10.571	0.033
									30年	側面	8.285	0.050

b) 防食処理系試験体の見かけの拡散係数

含浸系塗装を施した試験体の見かけの拡散係数を図-4.4.11に示す。図より、いずれも暴露30年における見かけの拡散係数は0.015~0.058kg/m<sup>3</sup>程度と小さく含浸材の種類による有意な差異は見られなかった。

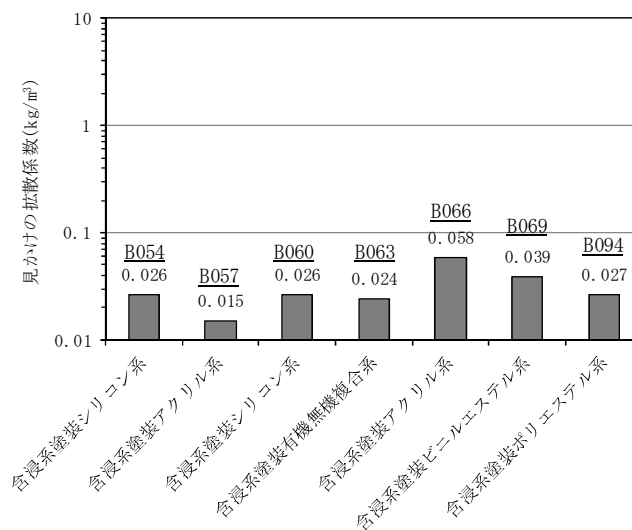


図-4.4.11 塗装の種類と見かけの拡散係数

### c) 鋼材位置に到達する塩化物イオン濃度の試算

暴露 30 年における塩化物イオンの見かけの拡散係数と表面塩分量の測定結果から、鉄筋位置における塩化物イオン濃度の経年変化を推定した結果を図-4.4.12 に示す。ここでは、暴露 30 年の測定結果を用いて試験体の鉄筋位置であるかぶり 25mm の位置において求めた。

上記の条件のもと推定した結果より、含浸系塗装を行った試験体は、鋼材腐食発生限界濃度（表-3.2.6 より）に達する期間が約 25～100 年と大きな差異が見られたが、含浸材の種類による明確な傾向は見られなかった。なお、コンクリート塗装を施した試験体については、暴露 30 年においてコンクリート中への塩化物イオンの浸透がほとんど見られなかったことから、ここでは試算を行っていない（図-4.4.8 参照）。

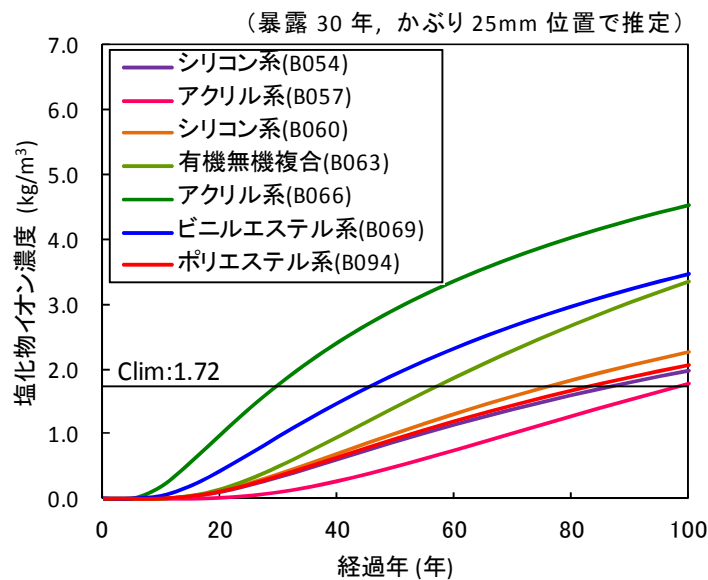


図-4.4.12 塩化物イオン濃度の経年変化（含浸系塗装試験体）

### (3) 防食処理系試験体の考察とまとめ

#### a) コンクリート塗装試験体

コンクリート塗装を施した試験体は、無塗装の試験体と比較して、明らかな塩化物イオンの浸透抑制効果が見られ、測定した全ての箇所塩化物イオンの鋼材腐食発生限界濃度より小さい値であった。

コンクリート塗装を施した試験体は、暴露 10 年ではコンクリート中への塩化物イオンの浸透は殆どみられず、暴露 30 年においても  $0.5\text{kg/m}^3$  以下であることが確認された。

#### b) 含浸系塗装試験体

含浸系塗装を施した試験体は、無塗装の試験体と比較して暴露 30 年における塩化物イオン濃度の分布性状に殆ど差異が見られなかった。ただし、水セメント比 40%の早強セメントを用いた場合、コンクリート表面から 25mm の位置において、概ね鋼材腐食発生限界以下となることが確認された。



#### 4.4.3 腐食調査試験体の塩化物イオン浸透深さ

##### (1) 塩化物イオン浸透性状

暴露30年における、腐食調査試験体の塩化物イオン濃度の測定結果を表-4.4.7に示す。表中には、比較としてC025、C029、C030の暴露19年の測定結果を併せて示す。

表-4.4.7 塩化物イオン濃度の測定結果(腐食調査試験体)

試験体 No.	試験体構造	セメントの種類	水セメント比 (%)	かぶり (mm)	暴露デッキ	暴露年	塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )					
							測定位置	コアの切削箇所 (cm)				
								0~1	1~2	2~3	3~4	4~5
C002	プレテンション	早強	40	25	2	30年 静	7.677	2.903	0.928	0.339	-	
						30年 名	6.447	3.098	1.244	0.545	-	
C025	プレテンション	早強	38	25	2	19年 上F1	5.581	2.049	0.518		0.330	
						19年 下F1	5.978	1.820	0.496		0.331	
						19年 下F2	5.050	1.834	0.429		0.238	
						30年 上面1	7.873	2.851	0.887	0.319	-	
						30年 下面1	5.610	3.308	1.079	0.519	-	
						30年 上面2	7.320	1.805	0.344	0.201	-	
C029	プレテンション	早強	38	50	2	19年 上F1	4.430	0.687	0.474		0.166	
						19年 下F1	3.598	0.821	0.242		0.169	
						19年 下F2	2.777	0.918	0.217		0.217	
						19年 下F3	4.087	0.938	0.313		0.144	
						19年 下F4	2.596	1.010	0.409		0.216	
						30年 内側1	3.493	1.379	0.520	0.126	-	
						30年 外側1	2.082	0.685	0.349	0.120	-	
						30年 内側2	3.369	1.353	0.496	0.165	-	
						30年 外側2	4.199	0.810	0.330	0.155	-	
						C030	ポストテンション	早強	45	70	2	19年 上F1
19年 下F1	5.709	2.132	0.616		0.284							
19年 下F2	4.027	1.516	0.545		0.166							
19年 下F3	3.717	1.311	0.477		0.167							
19年 下F4	5.529	2.502	0.906		0.286							
30年 内側1	5.762	4.833	1.341	0.692	-							
30年 外側1	4.303	1.925	0.965	0.472	-							
30年 内側2	5.142	4.465	1.721	0.629	-							
30年 外側2	4.801	3.415	1.220	0.718	-							

C025、C029 および C030 の暴露期間による比較とともに、表-3.2.6 に示す鋼材腐食発生限界濃度  $C_{lim}$  を図-4.4.13 に示す。

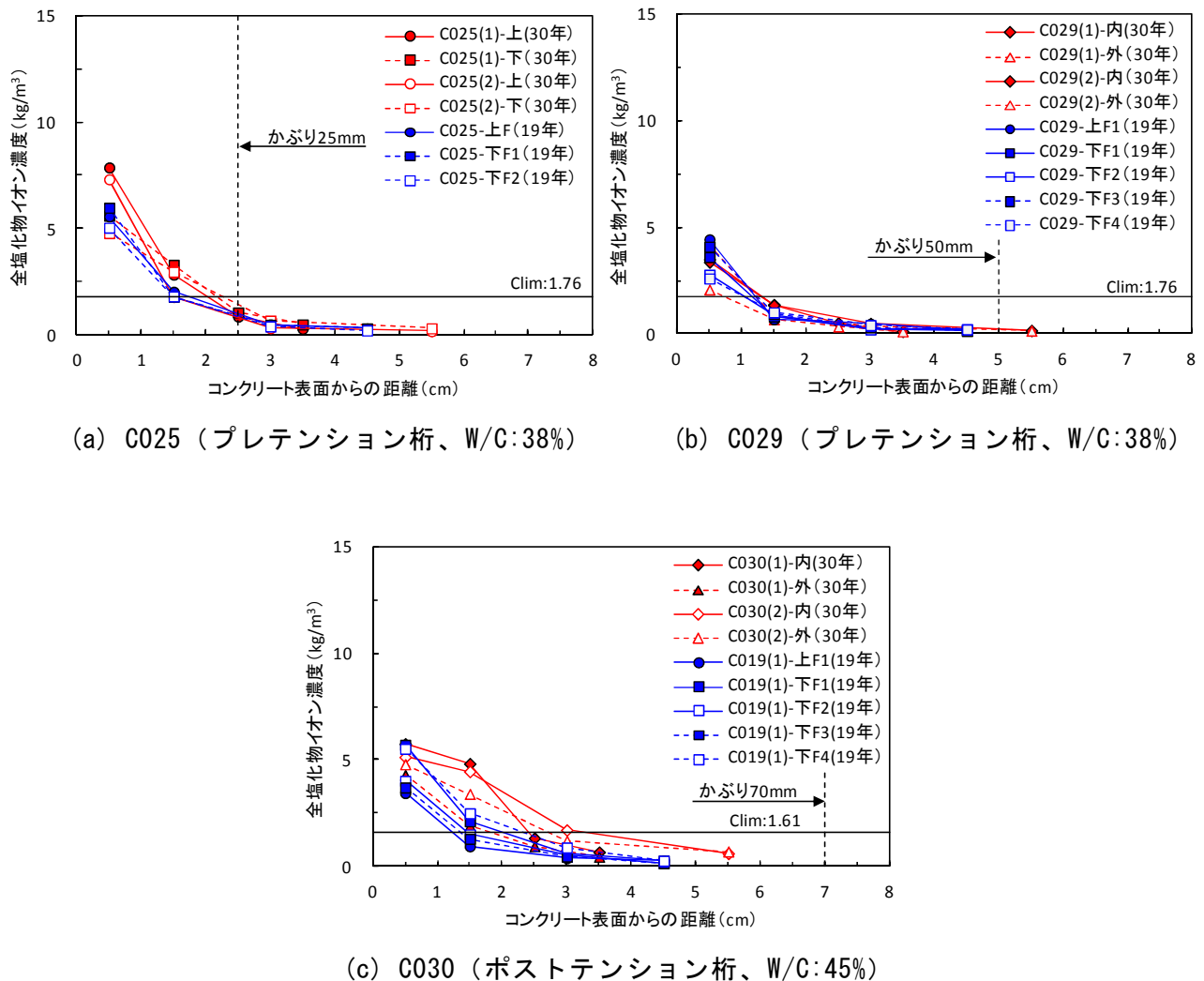


図-4.4.13 塩化物イオン濃度分布

## (2) 腐食調査試験体のまとめ

腐食調査試験体(水セメント比 38%、45%)の塩化物イオン濃度分布について、暴露 19 年と 30 年における顕著な差異は見られなかった。

#### 4.4.4 飛来塩分の測定結果と表面塩化物イオン濃度の関係

暴露 30 年における基準系試験体のコンクリート中の塩分濃度より算定した表面塩化物イオン濃度と、図-4.3.5(b)に示す土研法（タンク法）による飛来塩分量の測定値を用いて土研式および示方書式により算出した表面塩化物イオン濃度との関係を図-4.4.14 に示す。

今回の暴露試験においては、コンクリート中の塩分濃度より算定した表面塩化物イオン濃度は、飛来塩分量より土研式および示方書式を用いて求めた表面塩化物イオン濃度と比較して、概ね高い値を示す結果となった。

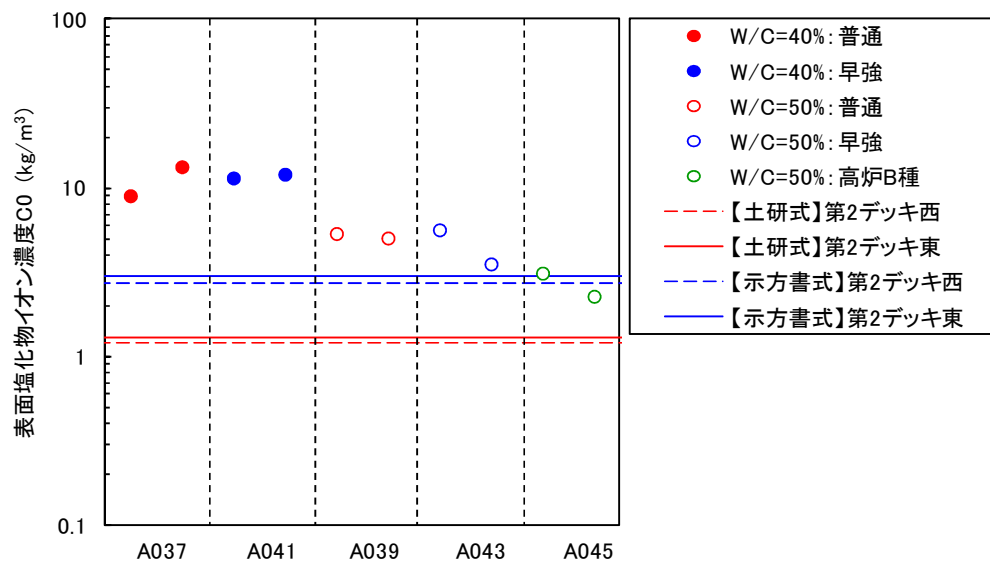


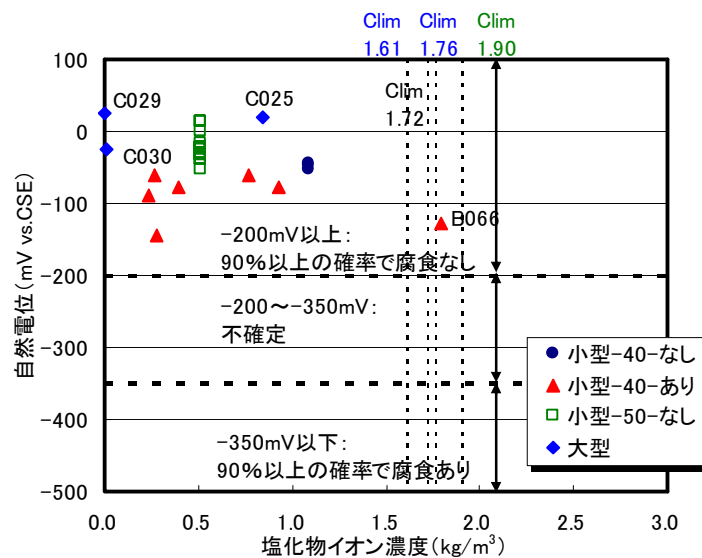
図-4.4.14 表面塩化物イオン濃度の比較

#### 4.4.5 塩分浸透と電気化学的測定結果の関係

第2デッキに暴露中の小型試験体およびT桁試験体の塩化物イオン濃度と自然電位の測定結果についてをプロットした結果を図-4.4.15に、塩化物イオン濃度と分極抵抗の測定結果についてプロットした結果を図-4.4.16にそれぞれ示す。ここで「小型-40-なし」は小型試験体のうち塗装を施していない試験体(C002、C003、C004)を、「小型-40-あり」は小型試験体のうち含浸系塗装を施した試験体(B054、B057、B060、B063、B069、B094)を、「小型-50-なし」は鉄筋応力を作用させた試験体(C009~C024)、「T桁」はスラブ型(C025)、プレテンションS.T型(C029)、ポストテンションS.T型(C030)の測定結果をプロットしたものである。ここで、C003、C004は塩化物イオン濃度の測定を行っていないのでC002の塩化物イオン濃度の測定結果を、C009~C024については塩化物イオンの測定を行っていないので、同一配合であるA039の塩化物イオン濃度の測定結果を使用した。

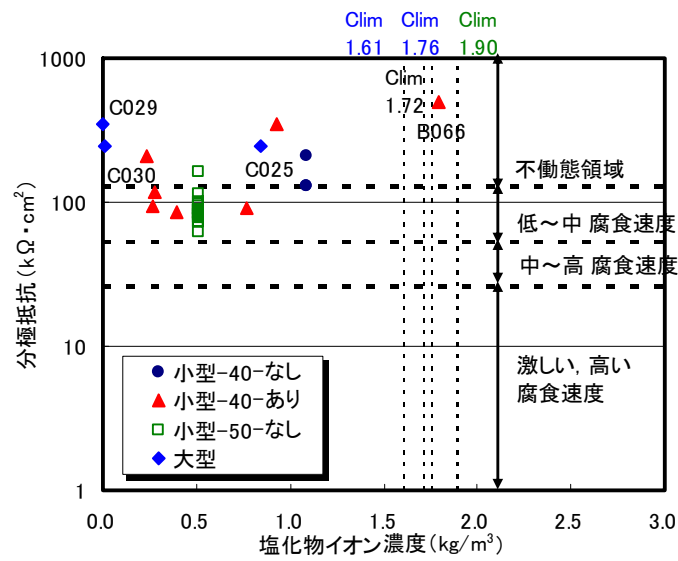
図に示す結果から、今回測定した試験体のかぶり位置の塩化物イオン濃度は、B066を除き鋼材の腐食発生限界濃度の目安となる $1.61\sim 1.91\text{kg/m}^3$ 以下であり、鋼材の電気化学的測定結果の「90%以上の確率で腐食なし」の結果と合致しているものと考えられる。またB066については、鋼材位置の塩化物イオン濃度が約 $1.80\text{kg/m}^3$ であり、該当する腐食発生限界濃度の $1.72\text{kg/m}^3$ を超えているものの、自然電位の測定結果からは「90%以上の確率で腐食なし」の領域にあった。

分極抵抗の測定結果は、一部の試験体で「低~中程度の腐食速度」の領域に入っているものの、これらの測定値の塩化物イオン濃度は腐食発生限界濃度の目安となる $1.61\sim 1.91\text{kg/m}^3$ 以下であり、現段階で鋼材が腐食している可能性は非常に小さいものと考えられる。



「小型-40-なし」、「小型-40-なし」の  $\text{Clim} : 1.72\text{kg/m}^3$   
 「小型-50-なし」の  $\text{Clim} : 1.90\text{kg/m}^3$   
 「大型」(C025, C029)の  $\text{Clim} : 1.76\text{kg/m}^3$   
 「大型」(C030)の  $\text{Clim} : 1.61\text{kg/m}^3$

図-4.4.15 塩化物イオン濃度と自然電位の関係



「小型-40-なし」、「小型-40-なし」の Clim : 1.72kg/m<sup>3</sup>  
「小型-50-なし」の Clim : 1.90kg/m<sup>3</sup>  
「大型」(C025, C029) の Clim : 1.76kg/m<sup>3</sup>  
「大型」(C030) の Clim : 1.61kg/m<sup>3</sup>

図-4.4.16 塩化物イオン濃度と分極抵抗の関係

#### 4.4.6 まとめ

コア削孔により採取した試験体より塩化物イオン濃度を調査した結果を以下にまとめる。

##### (1) 基準系試験体

- 基準系試験体は、暴露 30 年において、普通セメント、早強セメントともに、水セメント比 50%に比べて 40%の方がコンクリート中の全塩化物イオン濃度が小さい。ただし、表層では水セメント比 40%の方が 50%に比べて高い塩化物イオン濃度を示す。
- 基準系試験体は、暴露 30 年におけるコンクリート中の塩化物イオン濃度分布に、セメント種類による顕著な差異は見られなかった。
- 普通セメント、早強セメントを用いた基準系試験体は、暴露 10 年に対して暴露 30 年ではコンクリート中の塩化物イオン濃度の増加が確認された。一方、高炉セメントを用いた基準系試験体は、暴露 10 年と暴露 30 年で塩化物イオン濃度の差異は見られなかった。
- 基準系試験体の暴露 30 年における表面塩化物イオン濃度、見かけの拡散係数を外挿し、100 年目の鋼材位置に到達する塩化物イオン濃度を試算した結果、セメント種類(普通、早強、高炉 B 種)、水セメント比(40%、50%)に関わらず、かぶり 70mm の位置において鋼材腐食発生限界以下に抑制されることが示唆された。
- 基準系試験体において、暴露期間が表面塩化物イオン濃度に及ぼす影響は、海面からの高さ(第 2 デッキ、第 3 デッキ)によって差異がみられ、第 2 デッキでは水セメント比によっても差異が見られた。
- 基準系試験体の暴露開始から 30 年目までの塩化物イオンの見かけの拡散係数は、暴露年数の経過とともに低下する傾向を示した。ただし、高炉セメント B 種は、暴露 14 年目以降、拡散係数が大きくなり、暴露 30 年では普通セメント、早強セメントより大きな値を示した。これは、一般的な傾向とは異なるが、既往の研究においても同様の結果が見られているものがある。
- 基準系試験体の測定値から算定した見かけの拡散係数は、水セメント比が大きいほど見かけの拡散係数も大きい値を示し、示方書式、土研式とも同様の傾向を示した。さらに、各々の式と算定値の平均とを比較した結果、普通セメント、早強セメントはいずれも示方書式、土研式より算定値が小さい値を示したが、高炉セメント B 種は示方書式、土研式より大きい値を示した。

##### (2) 防食処理系試験体

- コンクリート塗装を施した防食処理系試験体は、暴露 10 年ではコンクリート中への塩化物イオンの浸透は殆どみられず、暴露 30 年程度経過した時点においても  $0.5\text{kg/m}^3$  以下であることが確認された。また、無塗装の試験体ではコンクリート中に塩化物イオンの浸透が確認されたことから、本試験で用いた A 種エポキシ、B 種柔軟エポキシ、B 種柔軟ウレタンによる塗膜の塩分浸透抑制効果が確認された。
- 含浸系塗装を施した防食処理系試験体は、暴露 30 年の塩化物イオン濃度の測定結果より無塗装の試験体と差異は見られなかった。
- 含浸系塗装を施した防食処理系試験体は、かぶり 25mm の鋼材位置において、暴露 30 年経過した時点でアクリル系塗装の 1 体以外は鋼材腐食発生限界以下となった。

- ・含浸系塗装を施した防食処理系試験体は、塗装の種類により暴露 30 年の見かけの拡散係数に差異は見られなかった。
- ・かぶり 25mm の鋼材位置における暴露 100 年の塩化物イオン濃度の推定値は、コンクリート塗装を施した試験体ではいずれも鋼材腐食発生限界以下に抑制されることが示唆される結果となった。一方、含浸系塗装では塗装の種類により暴露 25 年～暴露 100 年の間でいずれも鋼材腐食発生限界に達することが示唆される結果となった。ただし、塗装の種類による傾向は見られなかった。

### (3) 腐食調査試験体

- ・腐食調査試験体の塩化物イオン濃度の浸透性状は、暴露 19 年と暴露 30 年に差異は見られなかった。

### (4) 飛来塩分と Fick の拡散方程式により求めた表面塩化物イオンの比較

- ・基準系試験体のコンクリート中の塩分濃度分布から Fick の拡散方程式により求めた表面塩化物イオン濃度は、土研法（タンク法）による飛来塩分量から土研式および示方書式により算出した表面塩化物イオン濃度より概ね大きい値を示す。

### (5) 電気化学的測定の結果と鋼材位置の塩化物イオン濃度の関係

- ・小型試験体と T 桁試験体の鋼材位置の塩化物イオン濃度は、ほとんどの試験体で鋼材腐食発生限界以下であり、鋼材の電気化学的測定結果の「90%以上の確率で腐食なし」の結果と合致するものであった。
- ・小型試験体と T 桁試験体の分極抵抗の測定結果は、一部の試験体で「低～中程度の腐食速度」の領域に入っているものの、これらの試験体の塩化物イオン濃度は腐食発生限界以下に抑制されており、現段階で腐食が発生している可能性は小さいものと考えられる。

### 参考文献：

- 4.4.1) 谷口，渡辺，手塚，藤田：塩害暴露試験によるコンクリートの塩分浸透性の評価－その 1：早強ポルトランドセメントを用いたコンクリートー，プレストレストコンクリート，Vol. 54, No. 5, Sep. 2012
- 4.4.2) 高，濱田，佐川，壇：高炉セメントコンクリートの塩化物イオン拡散係数評価に関する考察，土木学会年次学術講演会講演概要集，第 64 回，V-084, pp. 165-166, 2009 年 9 月
- 4.4.3) 山路，濱田他：港湾 RC 構造物における塩化物イオン拡散係数調査結果および簡易推定手法に関する検討，港湾空港技術研究所資料，No. 1141, 2006 年 9 月
- 4.4.4) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：コンクリート橋の塩害対策資料集－実態調査に基づくコンクリート橋の塩害対策の検討－，国土技術政策総合研究所資料 第 55 号，平成 14 年 11 月

## 4.5 内部鉄筋の目視調査

### 4.5.1 内部鉄筋の腐食状況の評価

試験体を解体した後、鉄筋を取り出し、その腐食状況を観察した。T桁試験体 C029 については、一部のコンクリートをはつり、その箇所の鉄筋の腐食状況を観察した。また、鉄筋の腐食状況は、鉄筋の表面性状より評価を行った。

暴露 10 年、14 年、20 年、25 年および 30 年における各試験体の鉄筋の腐食度を、表-4.5.1 に示す。また、ここで示した腐食度の判定は、表-4.5.2 に示す基準<sup>4.5.1)</sup>に基づいて行った。



表-4.5.1 鉄筋腐食度一覧表

暴露年	種別		試験体 No.	W/C (%)	腐食度の判定				判定		
					上方鉄筋		下方の鉄筋				
					①	②	③	④			
10年	普通セメント		A002	40	錆の発生なし				A		
			A005	50	腐食が著しく、一部に断面欠損が大きい				C		
	早強セメント		A008	40	PC鋼線に腐食は認められず				A		
			A011	50	錆の発生あり、断面欠損にいたらず				B		
	高炉セメント		A014	50	錆の発生あり、局部的				B		
	早強セメント (エポキシ樹脂塗装鉄筋)		B013	40	エポキシ樹脂塗装鉄筋の塗装を除去した部分も腐食なし				A		
	シリカフェーム		D002	30	錆の発生なし				A		
14年	普通セメント		A016	40	A	A	A	B	A		
			A026		B	A	A	A	A		
			A028	50	B	B	B	B	B		
	早強セメント		A020	40	A	B	B	A	A		
			A030		A	B	A	A	A		
			A022	50	B	B	B	B	B		
			A032		A	A	B	B	B		
	高炉セメント		A034	50	B	B	C	C	C		
シリカフェーム		D004	30	A	A	B	B	A			
20年	塩害指針(案)による塗装	A	エポキシ	B021	40	A	B	A	A	A	
		B	柔軟エポキシ	B024		A	A	A	A	A	
			柔軟ウレタン	B027		A	A	A	A	A	
		C	厚膜エポキシ	B030		A	A	A	A	A	A
	ビニルエステル		B033	A		A	A	A	A	A	
	超厚膜エポキシ		B035	A		A	A	A	A	A	
	その他の塗装		超厚膜ウレタン	B037		A	A	A	A	A	A
			変性エポキシ	B041		A	A	A	A	A	A
			セメント	B043		A	A	A	A	A	A
			特殊ポリウレタン	B045		A	A	A	A	A	A
			シリコンゴム	B047		A	A	A	A	A	A
			アクリルゴム	B049		A	A	A	A	A	A
			無機	B051		A	A	A	A	A	A
			有機無機複合	B053		A	A	A	A	A	A
	25年	高炉セメント		A015		50	C	C	C	C	C
早強セメント (亜鉛めっき鉄筋)		B008	40	A	A	A	A	A			
早強セメント		C001	40	A	A	A	A	A			
30年	早強セメント (エポキシ樹脂塗装鉄筋)		B092	40	エポキシ樹脂塗装鉄筋のエポキシ樹脂に損傷は認められず				A		
	早強セメント		C029	38	PC鋼線、スターラップともに腐食は認められず				A		

Note: \*1:試験体はC001、B092、C029は第2デッキに、他は全て第3デッキに暴露されたものである。

\*2:暴露10年、14年および20年の試験体の「腐食の判定」は、「平成18年7月 土研共同研究報告書 第348号」<sup>4.5.2)</sup>より転写したものである。

\*3:暴露20年の試験体のセメントの種類は早強である。

表-4.5.2 腐食度の判定基準<sup>4.5.1)</sup>

腐食度	判定基準
A	腐食なし
B	ごく表面的な腐食
C	浅い孔食などの断面欠損の軽微な腐食
D	断面欠損が著しい腐食

小型試験体 A015 の腐食状況を写真-4.5.1 に、小型試験体 C001 の腐食状況を写真-4.5.2 に示す。また、暴露 25 年の各試験体の詳細な腐食状況を資料-5 に示す。



解体前



腐食状況

写真-4.5.1 腐食状況 (小型試験体 A015)



解体前



腐食状況

写真-4.5.2 腐食状況 (小型試験体 C001)

T桁試験体 C029 のはつり位置を図-4.5.1 に、腐食状況を写真-4.5.3 に示す。中型試験体 B092 の腐食状況を写真-4.5.4 に示す。

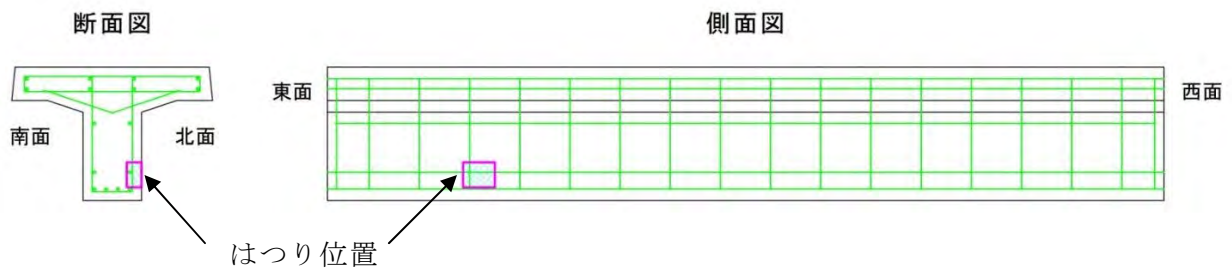


図-4.5.1 はつり位置（試験体 C029）



写真-4.5.3 腐食状況（試験体 C029）



写真-4.5.4 腐食状況（試験体 B092）

#### 4.5.2 鉄筋腐食度の判定と塩化物イオン濃度、かぶり、外観劣化度、自然電位および分極抵抗の関係

表-4.5.3 に、各試験体に対して、鉄筋腐食度の判定と塩化物イオン濃度、かぶりおよび外観劣化度の一覧を示す。表-4.5.5 に、鉄筋腐食度の判定と自然電位および分極抵抗の一覧を示す。

表-4.5.3 調査結果一覧表

暴露年	種別		試験体 No.	W/C (%)	かぶり (cm)	塩化物イオン濃度		外観劣化度	鉄筋腐食度	
						2~4cm	4~7cm			
						kg/m <sup>3</sup>				
10年	普通セメント		A002	40	2.5	1.275	0.077	○	A	
			A005	50	2.5	3.597	0.605	Ⅲ	C	
	早強セメント		A008	40	2.5	0.794	0.071	○	A	
			A011	50	2.5	2.605	0.539	Ⅲ	B	
	高炉セメント		A014	50	2.5	2.123	0.379	○	B	
	早強セメント (エポキシ樹脂塗装鉄筋)		B013	40	2.5	—	—	○	A	
シリカフェーム		D002	30	2.5	0.378	0.127	○	A		
14年	普通セメント		A016	40	4.4	0.838	0.173	○	A	
			A026		6.0	0.790	0.148	○	A	
			A028	50	5.9	3.739	0.826	Ⅲ	B	
	早強セメント		A020	40	4.3	1.117	0.185	○	A	
			A030		6.1	2.350	0.658	○	A	
			A022	50	4.3	4.457	1.150	Ⅲ	B	
			A032		5.7	4.353	1.289	○	B	
	高炉セメント		A034	50	6.0	2.168	0.069	Ⅲ	C	
シリカフェーム		D004	30	5.5	0.717	0.177	○	A		
20年	塩害指針(案)による塗装	A	エポキシ	B021	40	2.5	0.094	0.094	○	A
		B	柔軟エポキシ	B024		2.5	0.094	0.071	○	A
			柔軟ウレタン	B027		2.5	0.141	0.118	○	A
		C	厚膜エポキシ	B030		2.5	0.071	0.071	○	A
			ビニルエステル	B033		2.5	0.094	0.094	○	A
	その他の塗装	超厚膜エポキシ	B035	2.5		0.165	0.094	○	A	
		超厚膜ウレタン	B037	2.5		0.047	0.047	Ⅳ	A	
		変性エポキシ	B041	2.5		0.118	0.047	Ⅲ	A	
		セメント	B043	2.5		0.118	0.071	Ⅱ	A	
		特殊ポリウレタン	B045	2.5		0.071	0.071	○	A	
		シリコンゴム	B047	2.5		0.071	0.071	Ⅳ	A	
		アクリルゴム	B049	2.5		0.071	0.071	Ⅳ	A	
		無機	B051	2.5		0.165	0.165	Ⅲ	A	
		有機無機複合	B053	2.5		0.118	0.118	Ⅳ	A	
25年	高炉セメント		A015	50	2.5	1.937	0.717	Ⅳ	C	
	早強セメント (亜鉛めっき鉄筋)		B008	40	2.5	0.664	0.270	Ⅳ	A	
	早強セメント		C001	40	2.5	—	—	○	A	
30年	早強セメント (エポキシ樹脂塗装鉄筋)		B092	40	3.5	2.260	0.760	○	A	
	早強セメント		C029	38	5.0	0.435	0.125	○	A	

Note; \*1:外観劣化度の判定基準は表-4.5.4により行った。

\*2:暴露25年の試験体の塩化物イオン濃度は、それぞれ3cmおよび5.5cmの位置の値を示す。

\*3:暴露30年の試験体の塩化物イオン濃度は、それぞれ2.5cmおよび3.5cmの位置の値を示す。

\*4:暴露25年、30年の試験体のかぶりは設計かぶりを示す。

\*5:暴露10年、14年および20年の試験体の「塩化物イオン濃度」、「外観劣化度」、「鉄筋腐食度」は、「平成18年7月 土研共同研究報告書 第348号」<sup>4.5.3)</sup>より転写したものである。

表-4.5.4 外観劣化度の判定基準

腐食度	判定基準
○	無傷
IV	わずかに損傷あり
III	多少損傷あり
II	多く損傷あり

表-4.5.5 調査結果一覧表

暴露年	種別	試験体 No.	W/C (%)	かぶり (cm)	自然電位 (mV vs. CSE)	分極抵抗 (kΩ・cm <sup>2</sup> )	鉄筋腐食度
6年	普通セメント	A005	50	2.5	-295	—	C
10年	普通セメント	A002	40	2.5	-298	—	A
	早強セメント	A008	40	2.5	-344	—	A
		A011	50	2.5	-444	—	B
	高炉セメント	A014	50	2.5	-253	—	B
シリカフェーム	D002	30	2.5	-211	—	A	
12年	普通セメント	A016	40	4.4	-280	—	A
		A026	40	6.0	-123	—	A
		A028	50	5.9	-424	—	B
	早強セメント	A020	40	4.3	-276	—	A
		A030	40	6.1	-295	—	A
		A022	50	4.3	-456	—	B
		A032	50	5.7	-163	—	B
	高炉セメント	A034	50	6.0	-326	—	C
シリカフェーム	D004	30	5.5	-175	—	A	
30年	早強セメント	C029	38	5.0	133	307	A

(1) 塩化物イオン濃度と鉄筋腐食度

塩化物イオン濃度（鉄筋位置）と鉄筋腐食度の関係を図-4.5.2 に示す。暴露 25 年試験体では、塩化物イオン濃度が大きくなれば、鉄筋の腐食度が大きくなる傾向が示された。

暴露 30 年試験体では、いずれも第 2 デッキに暴露された試験体である。T 桁試験体 C029 は、塩化物イオン濃度は 0.1 kg/m<sup>3</sup> 程度であり、暴露 10 年、14 年の試験体に比べて塩化物イオン濃度は小さい。

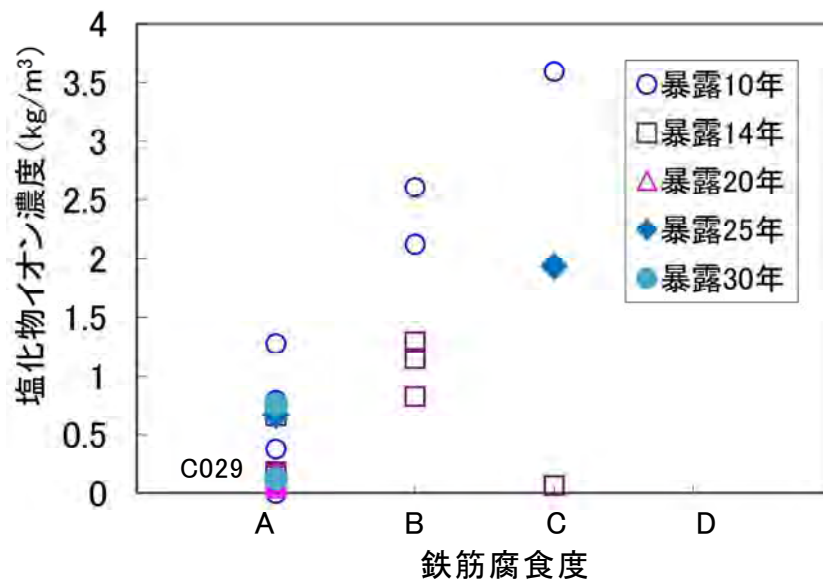


図-4.5.2 塩化物イオン濃度と鉄筋腐食度の関係

(2) かぶりと鉄筋腐食度の関係

かぶりと鉄筋腐食度の関係を図-4.5.3に示す。かぶりによる鉄筋の腐食度の差異は顕著に示されていない。

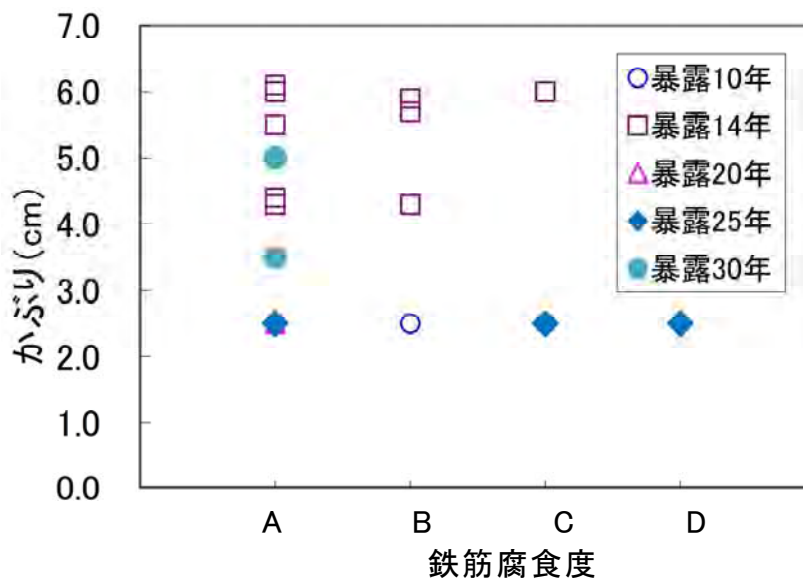


図-4.5.3 かぶりと鉄筋腐食度の関係

### (3) 外観劣化度と鉄筋腐食度の関係

外観劣化度と鉄筋腐食度の関係を図-4.5.4に示す。暴露20年試験体を除いて、外観劣化度が大きければ鉄筋の腐食度も大きくなる傾向がわずかに示されている。

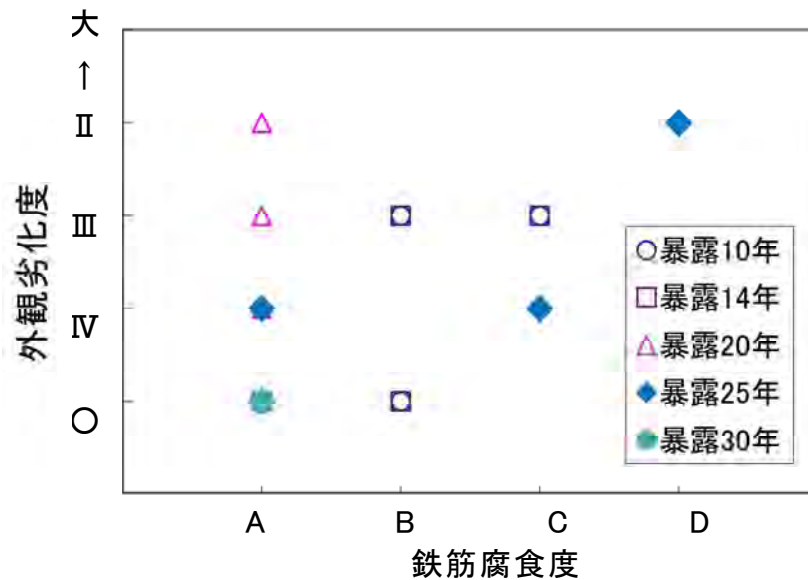


図-4.5.4 外観劣化度と鉄筋腐食度の関係

### (4) 自然電位と鉄筋腐食度の関係

自然電位と鉄筋腐食度の関係を図-4.5.5に示す。鋼材の自然電位と鉄筋の腐食度の相関は、顕著に示されていない。

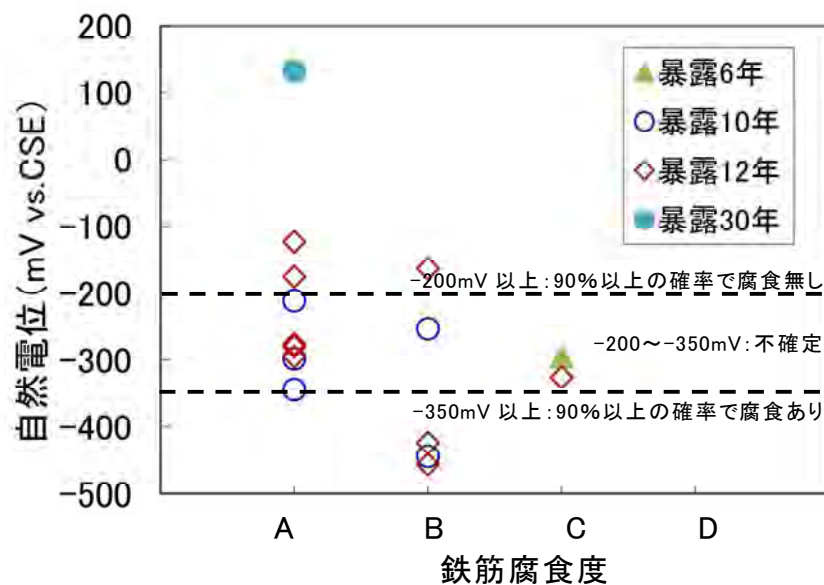


図-4.5.5 自然電位と鉄筋腐食度の関係

#### (5) 分極抵抗と鉄筋腐食度の関係

分極抵抗と鉄筋腐食度の関係を図-4.5.6に示す。分極抵抗はCEBの判定基準から判断すると、「不動態状態」の領域にあり、鉄筋の腐食度の判定結果と同様の判定結果が示されている。

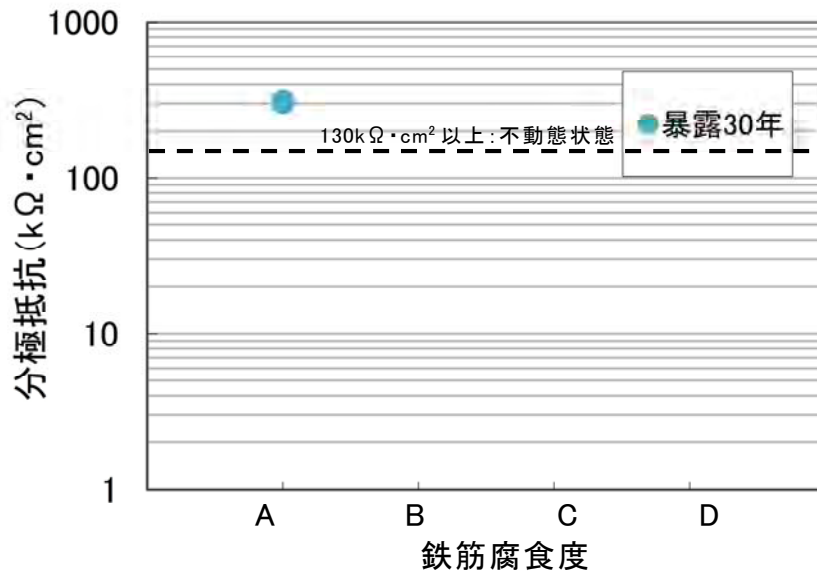


図-4.5.6 分極抵抗と鉄筋腐食度の関係

#### 4.5.3 内部鉄筋の腐食状況の考察およびまとめ

暴露10年、14年、20年、25年および30年における各試験体の鉄筋の腐食度の評価を「建設省総合技術開発プロジェクト、塩害を受けた土木構造物の補修指針(案)」<sup>4.5.1)</sup>に示されている基準に基づいて行い、鉄筋腐食度の判定と塩化物イオン濃度、かぶり、外観劣化度、自然電位および分極抵抗との関係を示した。

鉄筋位置における塩化物イオン濃度と鉄筋腐食度の関係では、暴露14年におけるA034試験体の腐食度C(浅い孔食などの断面欠損の軽微な腐食)を除けば、塩化物イオン濃度が大きくなれば、鉄筋の腐食度も大きくなる傾向が示されている。

かぶりと鉄筋腐食度の関係では、かぶりによる鉄筋の腐食度の差異は顕著に示されていない。

外観劣化度と鉄筋腐食度の関係では、暴露20年試験体を除いて、外観劣化度が大きければ鉄筋の腐食度も大きくなる傾向がわずかに示されている。

自然電位と鉄筋腐食度の関係では、鋼材の自然電位と鉄筋の腐食度の相関は、顕著に示されていない。

分極抵抗と鉄筋腐食度の関係では、分極抵抗の判定結果と鉄筋腐食度の判定結果は同様となった。



参考文献：

- 4.5.1) 建設省：建設省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報告書〈第二編〉、塩害を受けた土木構造物の補修指針（案），p. 51，1988. 11
- 4.5.2) 土木研究所：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書（飛沫部におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究 第2分科会）—暴露期間20年経過後までの研究成果—，共同研究報告書第348号，p. 68，2006. 7
- 4.5.3) 土木研究所：海洋構造物の耐久性向上技術に関する共同研究報告書（飛沫部におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究 第2分科会）—暴露期間20年経過後までの研究成果—，共同研究報告書第348号，p. 70，2006. 7

#### 4.6 圧縮強度試験

##### 4.6.1 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験の測定結果を表-4.6.1に示す。

表-4.6.1 圧縮強度試験の結果

セメントの種類	表面処理	W/C (%)	試験体 No.	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )							
				28日標準養生	1年暴露	2年暴露	3年暴露	5年暴露	10年暴露	20年暴露	30年暴露
普通	無処理	50	—	37.0	35.5	36.3	38.7	40.6	44.0	—	—
			A039	—	—	—	—	—	—	—	36.3
		40	A037	—	—	—	—	—	—	—	41.0
早強	無処理	40	—	51.0	52.4	52.5	55.3	58.3	60.8	—	—
			A041	—	—	—	—	—	—	—	44.0
			C002	—	—	—	—	—	—	—	54.0
	A種エポキシ		B019	—	—	—	—	—	—	—	43.5
	B種柔軟エポキシ		B022	—	—	—	—	—	—	—	58.7
	B種柔軟ウレタン		B025	—	—	—	—	—	—	—	49.7
	シリコン系		—	51.0	48.0	46.6	51.5	51.9	56.7	—	—
			B054	—	—	—	—	—	—	—	52.6
			B060	—	—	—	—	—	—	—	49.6
			—	51.0	49.2	49.0	52.1	45.1	55.9	—	—
	アクリル系		B057	—	—	—	—	—	—	—	55.0
			B066	—	—	—	—	—	—	—	46.3
			B063	—	—	—	—	—	—	—	64.8
			B069	—	—	—	—	—	—	—	62.1
有機無機複合	B063	—	—	—	—	—	—	—	64.8		
ビニルエステル系	B069	—	—	—	—	—	—	—	62.1		
ポリエステル系	B094	—	—	—	—	—	—	—	55.1		
高炉	無処理	50	—	30.5	38.9	38.4	43.6	43.7	46.1	—	—
			A045	—	—	—	—	—	—	—	21.3
シカフェーム	無処理	30	—	75.8	66.6	70.5	78.1	76.5	84.5	—	—
プレテンション T 桁 (かぶり 2.5cm)			C025	50.4	—	—	—	—	—	56.1	48.3
プレテンション T 桁 (かぶり 5.0cm)			C029	51.7	—	—	—	—	—	59.9	56.7
ポストテンション T 桁 (かぶり 7.0cm)			C030	46.7	—	—	—	—	—	65.5	59.3

Note; \*1:試験体No.のない試験体は、第3デッキで暴露したφ150×300mm円柱試験体の圧縮強度を示す。

\*2:28日標準養生の値は、φ150×300mm円柱試験体の圧縮強度を、暴露20年の値は暴露試験体より採取した円柱試験体(φ50×100mm)の圧縮強度を、暴露30年の値は暴露試験体より採取した円柱試験体(φ45×90mm)の圧縮強度を示す。

#### 4.6.2 静弾性係数と圧縮強度の関係

暴露30年目に実施した静弾性係数試験および圧縮強度試験より得られた静弾性係数と圧縮強度の関係を図-4.6.1に示す。図には土木学会コンクリート標準示方書[設計編]<sup>4.6.1)</sup>に示されている静弾性係数 $E_c$ と圧縮強度 $f'_c$ の関係も併記した。式は以下の通りである。

$$E_c = \left( 2.2 + \frac{f'_c - 18}{20} \right) \times 10^4 \quad f'_c < 30\text{N/mm}^2$$

$$E_c = \left( 2.8 + \frac{f'_c - 30}{33} \right) \times 10^4 \quad 30\text{N/mm}^2 < f'_c < 40\text{N/mm}^2$$

$$E_c = \left( 3.1 + \frac{f'_c - 40}{50} \right) \times 10^4 \quad 40\text{N/mm}^2 \leq f'_c < 70\text{N/mm}^2$$

$$E_c = \left( 3.7 + \frac{f'_c - 70}{100} \right) \times 10^4 \quad 70\text{N/mm}^2 \leq f'_c < 80\text{N/mm}^2$$

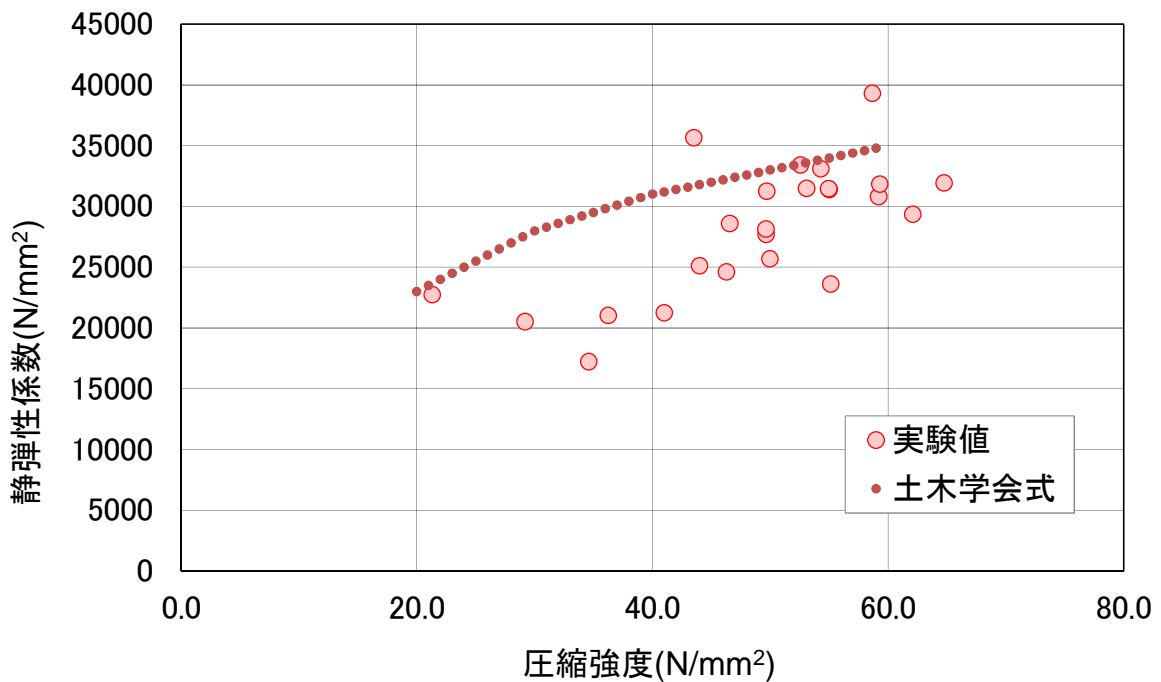


図-4.6.1 静弾性係数と圧縮強度の関係

#### 4.6.3 圧縮強度試験結果および静弾性係数試験結果の考察およびまとめ

圧縮強度は、 $\phi 150 \times 300\text{mm}$  の円柱供試体の値よりも、暴露 30 年で採取したコアの値のほうが小さくなる傾向だった。しかし、採取したコアの径が 45mm と小さく、圧縮強度試験を行うに当たっての精度の確保が困難であったことが原因の 1 つであると推定される。

静弾性係数と圧縮強度の関係は、土木学会式と比較した場合、実験値の方が全体的に小さくなる傾向がみられた。

参考文献：

4.6.1) 土木学会：2012 年制定コンクリート標準示方書 [設計編]，p. 39，2012. 3

#### 4.7 中性化試験

##### 4.7.1 基準系試験体

基準系試験体の試験結果を表-4.7.1に示す。高炉セメントを使用した試験体に中性化が確認された。

表-4.7.1 基準系試験体の中性化深さ

試験体 No.	試験体 構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	採取箇所	中性化深さ (mm)	
						上面	下面
A037	プレテンション	70	普通	40	沖 1	0	0
					沖 2	0	0
A039	RC			50	沖 1	0	0
					沖 2	0	0
A041	プレテンション		早強	40	沖 1	0	0
					沖 2	0	0
A043	RC			50	沖 1	0	0
					沖 2	0	0
A045	RC		高炉	50	沖 1	5	5
					沖 2	0	0

##### 4.7.2 防食処理系試験体

防食処理系試験体の試験結果を表-4.7.2に示す。いずれの試験体も中性化していなかった。

表-4.7.2 防食処理系試験体の中性化深さ

試験体 No.	試験体 構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	塗装仕様			中性化深さ (mm)				
					塗装鉄筋	表面塗装	含浸系	上面	下面			
B019	プレテンション	25	早強	40	塩害対策指針案によるCo塗装	A種エポキシ	-	0	0			
B022	RC					B種柔軟エポキシ	-	0	0			
B025						B種柔軟ウレタン	-	0	0			
B054	プレテンション				-	-	シリコン系	0	0			
B057							アクリル系	0	0			
B060							シリコン系	0	0			
B063							有機無機複合	0	0			
B066							アクリル系	0	0			
B069							ビニルエステル系	0	0			
B092	ホーステンション				35			塗装鉄筋	PEシーす	0	0	
B094	プレテンション				25			-	-	ポリエステル系	0	0

#### 4.7.3 腐食調査試験体

腐食調査試験体の試験結果を表-4.7.3に示す。いずれの試験体も中性化していなかった。

表-4.7.3 腐食調査試験体の中性化深さ

試験体 No.	形状寸法 (mm)		試験体 構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	採取箇所	中性化深さ (mm)	
								上 面	下 面
C002	小型	200×200×1200		25		40	静岡側	0	0
							名古屋側	0	0
C025	T 桁	750×350×600×5000	プレテンション	50	早強	38	1	0	0
C029		1200×350×800×5000					2	0	0
C030		1200×350×800×5000	ホ <sup>o</sup> ステンション	70		45	1	0	0
							2	0	0

#### 4.7.4 中性化深さ試験結果と予測値の比較

中性化深さ試験の測定結果（高炉セメント W/C=50%，早強セメント W/C=40%）と予測値との比較結果を図-4.7.1に示す。予測値  $y_d$  はコンクリート標準示方書設計編（2012年制定）の予測式<sup>4.7.1)</sup>により求めた。予測式を以下の式(1)に示す。

$$y_d = \gamma_{cd} \cdot \alpha_d \sqrt{t} \quad (1)$$

ここに  $\gamma_{cd}$  : ばらつきを考慮した安全係数、一般に 1.15 とする

$\alpha_d$  : 中性化係数の設計値 (mm/√年)

$t$  : 中性化に対する耐用年数 (√年)

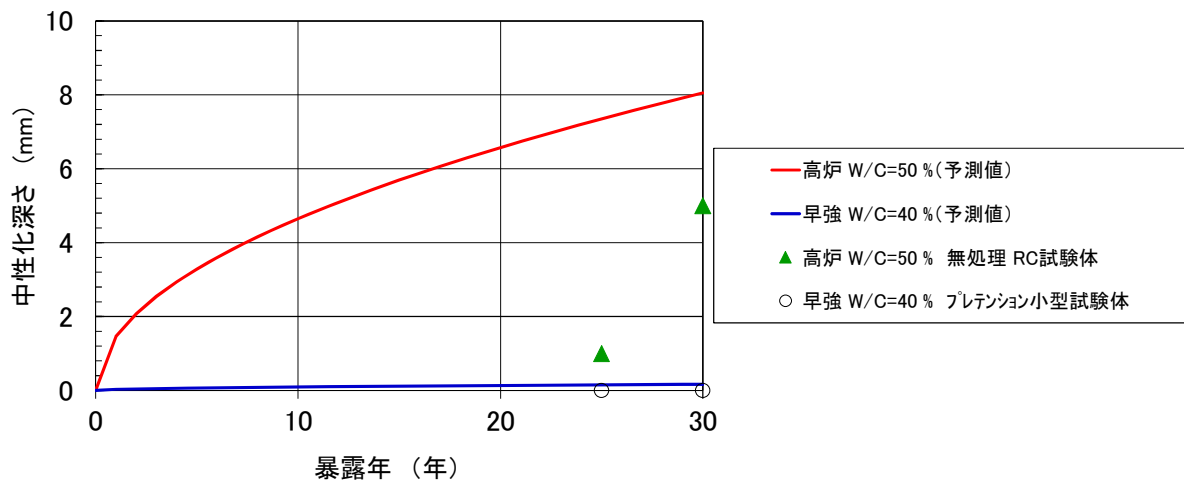


図-4.7.1 中性化深さの実測値と予測値の比較結果

また、写真-4.7.1 に、試験体 A045 の中性化深さをフェノールフタレイン法により行った結果を示す。発色部は中性化していない部分を示している。



(a) コア部分

(b) 中性化位置拡大図

写真-4.7.1 中性化深さ試験結果

#### 4.7.5 中性化深さ試験結果の考察

中性化深さは、普通セメントおよび早強セメントを用いた暴露試験体から採取したコアについては中性化が認められなかった。高炉セメントを用いた W/C=50% の試験体についてはわずかに中性化が認められたが、中性化の予測値に比べれば小さな値であった。

中性化深さについては、いずれの試験体においても中性化なし、またはわずかに確認された程度であった。これは海上に暴露していたために試験体が乾燥状態になりやすく、二酸化炭素の侵入が妨げられたことも要因と考えられる。

参考文献：

4.7.1) 土木学会：2012 年制定コンクリート標準示方書 [設計編]，p.146，2012.3

#### 4.8 エポキシ樹脂塗装鉄筋の調査

暴露 20 年が経過した試験体内部におけるエポキシ樹脂塗装鉄筋を抽出し、疲労試験および引張試験により性状を確認した。抽出した試験体を表-4.8.1 に示す。

表-4.8.1 試験体

鉄筋塗装種類	暴露デッキ	試験体構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	試験体
エポキシ樹脂塗装塗膜欠陥 クラック	3	RC	25	早強	40	B014
エポキシ樹脂塗装塗膜欠陥 ピンホール						B016
エポキシ樹脂塗装海外比較品						B018

エポキシ樹脂塗装の材料を表-4.8.2 に示す。暴露試験体は、第3デッキに暴露された、かぶり 2.5cm の試験体である。また、比較用に現行品（粉体樹脂塗装 2 の後継品，2006 年製作）についても実施した。

表-4.8.2 塗料材料

試験体	塗装種類	材質	径	外観	膜厚 (μm)			ピンホール	曲げ加工性	硬度	備考
				有害な欠陥 なきこと	平坦部 180 ± 50 μm			1000V ≤ 5個/m	鉄筋曲げ 内半径 2φ 180° (5°C)	(皮膜) ≥ 2h	
					最大	最小	平均				
B014	粉体樹脂塗装2	SD30 (SD295相当)	D13	Good	230	140	181	2.2	Good	2H	予熱温度 230°C
B016	粉体樹脂塗装3				220	130	170	1.3			予熱温度 240°C
B018	粉体樹脂塗装3M				230	140	191	1.3			予熱温度 230°C
現行品(2006)		SD295	D13	Good	220 ± 40 μm 207			2.7	0%*	鉛筆硬度 F Good	

※曲げ条件 1：温度 20 ± 2°C，曲げ内半径 1.5 φ，角度 180°

曲げ条件 2：温度 5 ± 1°C，曲げ内半径 3.0 φ，角度 180°

曲げ条件 1 および 2 における塗膜割れの発生率

エポキシ樹脂塗装鉄筋と同じ第 3 デッキに暴露した試験体の塩化物イオン濃度は、鋼材腐食発生限界を暴露 14 年で超えており，暴露 20 年において鉄筋位置で 2.4kg/m<sup>3</sup>であった。

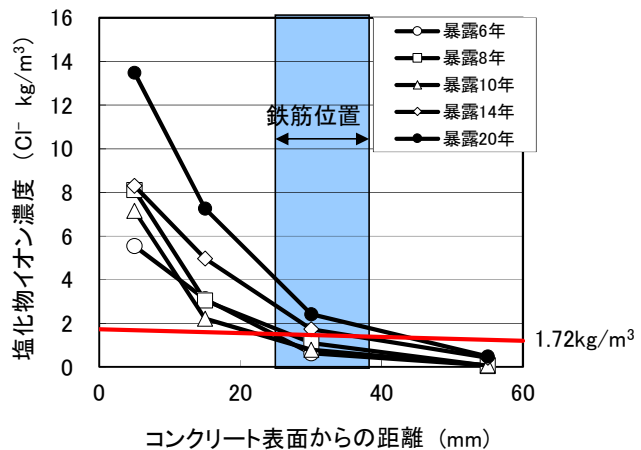


図-4.8.1 同じ暴露条件の塩化物イオン濃度分布



#### 4.8.1 暴露したエポキシ樹脂塗装鉄筋の外観

試験体から取り出したエポキシ樹脂塗装鉄筋の外観を写真-4.8.1に示す。B014試験体は、鉄筋表面のエポキシ樹脂の光沢が現行品試験体より低下しているが、外観上顕著な劣化は認められない。ピンホール測定結果では、390mmあたり40箇所の損傷部位が検出された。損傷部位を観察した結果、その多くは試験体のコンクリート打設時、または鉄筋をはつり出した際に損傷したものと判断された。

B016試験体は、試験体からはつり出した際、鉄筋を被覆していたエポキシ樹脂の一部がコンクリート側に付着しているのが観察された。試験片の表面は、B014試験体に比べて白化が著しく、光沢がない状態であった。ピンホール試験では損傷箇所が多数検出され、鉄筋ふしの頂部に位置する部分に集中している。

B018試験体の表面は、光沢が失われているが、顕著な剥離等の損傷は認められない。ピンホールによる損傷検出箇所は、390mmあたり15箇所の損傷部位が検出された。外観観察の結果から、20年間コンクリート中に配置されたエポキシ樹脂の表面は、光沢の低下や剥がれが生じる場合が認められた。しかし、腐食が発生する環境にありながらも、本環境下ではエポキシ樹脂塗装鉄筋には腐食は認められない。

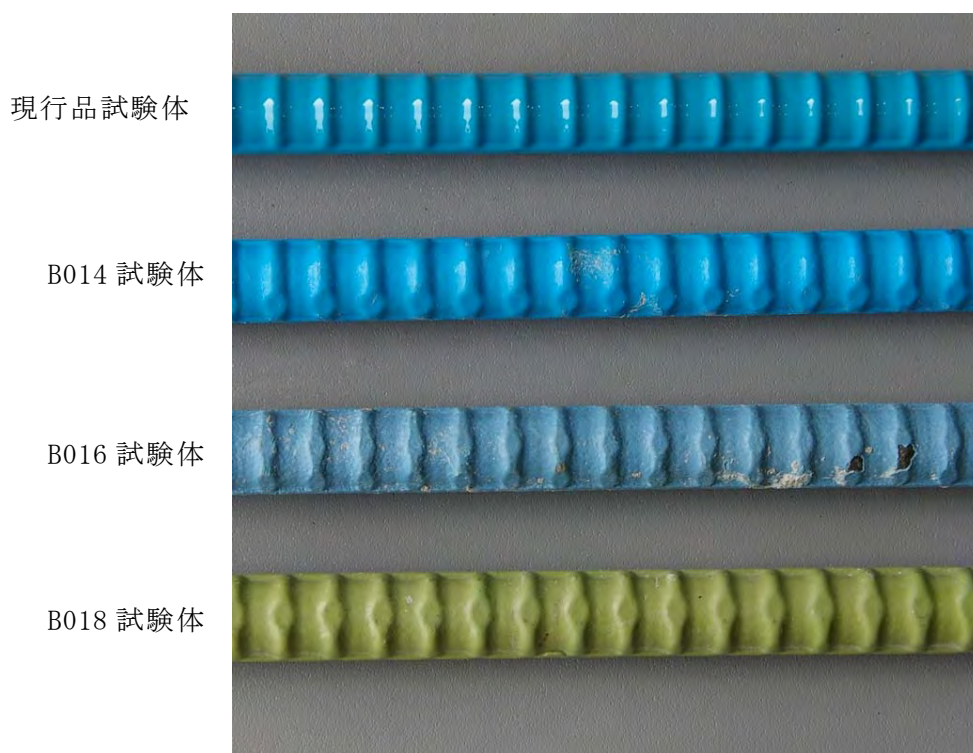


写真-4.8.1 外観状況

#### 4.8.2 疲労試験結果

図-4.8.2に各試験体の疲労損傷図を示し、検出したときの疲労回数を図中に示す。また、表示がない損傷部は疲労試験前に検出された部位である。損傷が認められる多くの部位は、鉄筋のふし頂部であり、塗膜の割れではなく圧痕または擦れによる損傷が多い。損傷部 B014-1 は、B014 試験体において試験前に検知された部位であり、樹脂表面に小さな損傷が認められた。損傷部 B016-1 は鉄筋ふし頂部であり、擦れた痕跡が認められる。損傷部 B018-1 は、縦ふしと横ふしの交点に位置し、圧痕と判断される。

疲労損傷部は鉄筋運搬時、コンクリート試験体製作時または鉄筋取出時に受けた損傷のうち、疲労試験前に検出できない程度の損傷を受けたものが、繰り返し荷重により塗膜に僅かな変形等が生じ検出できるようになったものと推察される。

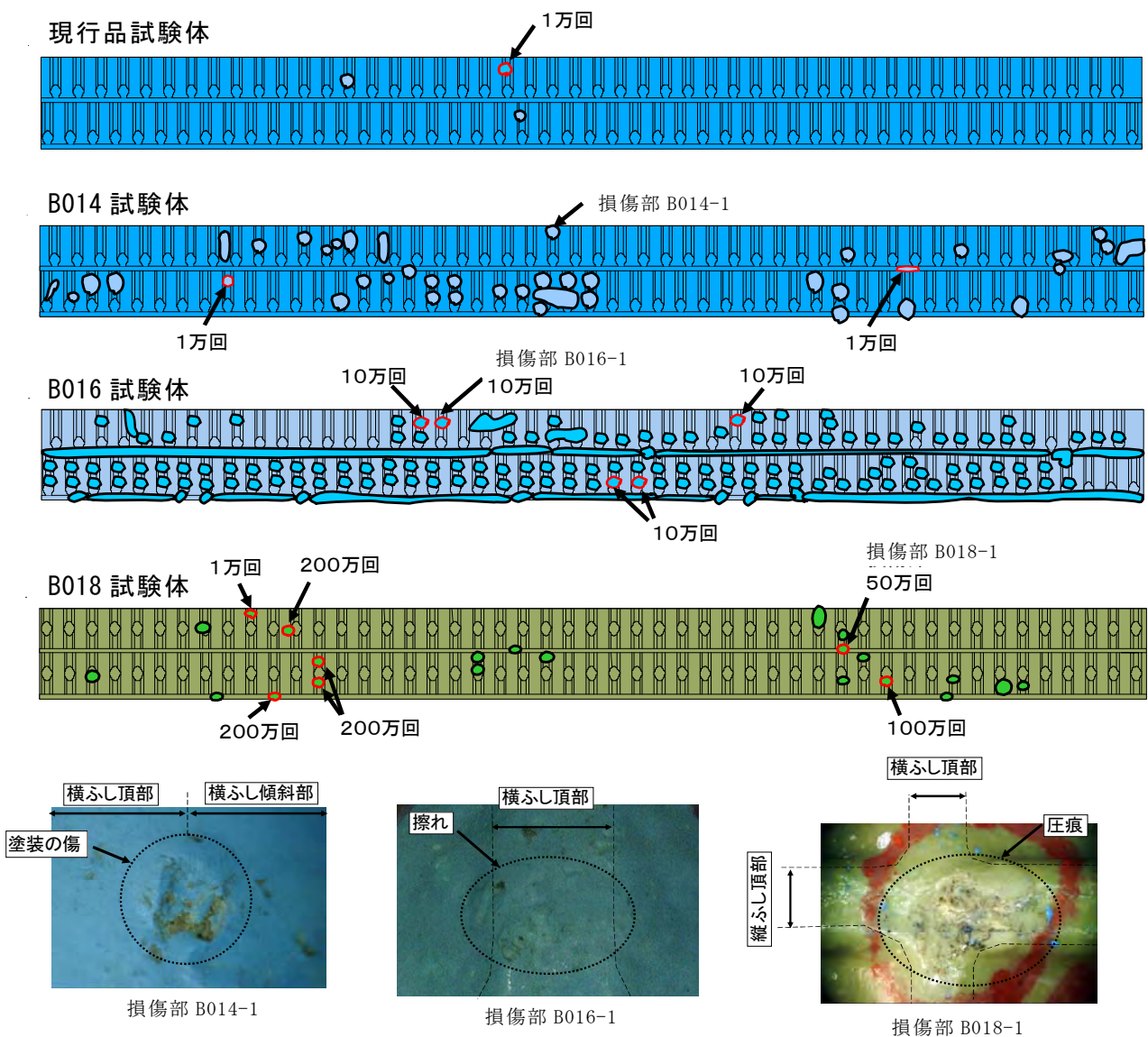


図-4.8.2 疲労損傷図

疲労回数と累積疲労損傷数を図-4.8.3に示す。ここで、疲労損傷とは、疲労試験前のピンホール調査で検出できなかった部位が、繰り返し荷重が作用したことにより、検出されることと定義する。塗装材料において、疲労回数の増加に伴い疲労損傷する傾向が認められた。B014試験体およびB016試験体は、疲労試験初期に疲労損傷が検出されたが、その後継続して発生する傾向は認められない。一方、B018試験片は、疲労回数の増加に従って疲労損傷箇所も増加していることが確認できた。

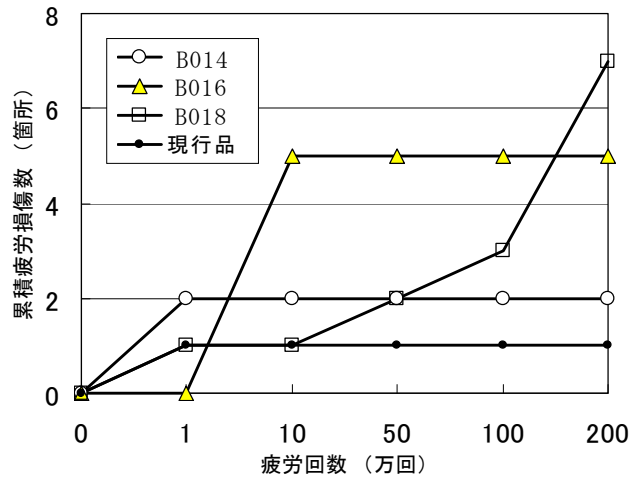


図-4.8.3 疲労回数と累積疲労損傷数の関係

#### 4.8.3 引張追従性

疲労試験を行っていない試験体の破断状況を写真-4.8.2に示す。現行品試験体は、破断に至るまでエポキシ樹脂に損傷部は認められなかった。破断後も、損傷したのは破断位置のみで、鉄筋の破断伸びに追従している。B014試験体は、降伏荷重において目視で観察できない程度の損傷部が1箇所発生した。その後、鉄筋破断まで損傷部の発生は認められず、鉄筋の伸びに追従している。B016試験体は、鉄筋の伸び3.3%程度から鉄筋軸直角方向に亀裂が生じ始めた。亀裂は、鉄筋ふしの頂部や谷部の位置に関係なく発生した。伸びの増加に伴い亀裂は増加し、鉄筋破断位置付近で剥離した。B018試験体は、鉄筋の伸びが1.0%を越えるとエポキシ樹脂の破壊音が鉄筋全長にわたって発生し、伸び5%程度になると損傷部位近傍の樹脂が鉄筋から剥離した。また、亀裂が発生すると伸びの増加に伴って亀裂幅が増大し、B016試験片と比べると軸方向への分散は少ない。

疲労試験を行った試験体の損傷は、疲労試験を行わなかった試験体と概ね同じ傾向である。現行品試験体とB014試験体は破断まで塗膜は追従した。B016試験体は、10%で塗膜に亀裂が生じ始めた。B018試験体は、4%程度よりエポキシ樹脂の破壊音が発生し始め、9%で亀裂が生じ始めた。このように、エポキシ樹脂の伸び性能の低下が認められたが、亀裂の発生は上降伏伸び（実測伸び0.20%）を十分超えるものであり、使用状態で亀裂は生じないと考えられる。

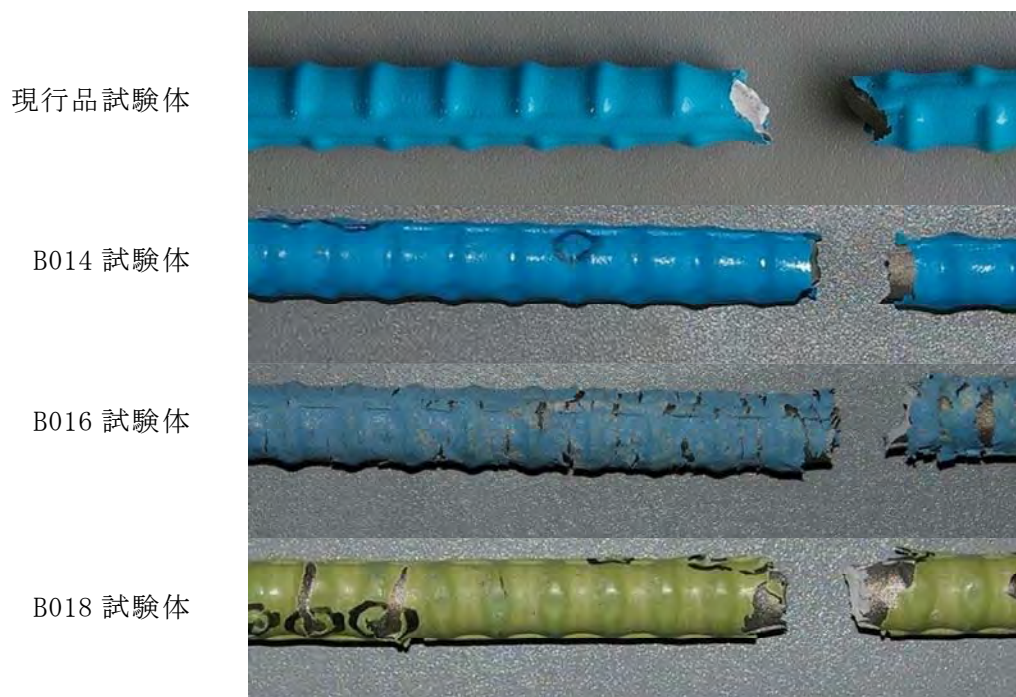


写真-4.8.2 破断状況

各試験体のエポキシ樹脂追従率を図-4.8.4に示す。追従率とは、JIS G 3112に規定される最小伸び 16%に対するエポキシ樹脂に亀裂が生じた伸びの割合と定義する。暴露前のエポキシ樹脂は現行品試験体に見られるように、鉄筋破断に至るまで追従できていたと考えることにより、暴露後のエポキシ樹脂の伸び能力の低下を表す指標とする。疲労試験を実施しなかった試験体では、B014試験体は破断に至るまでよく追従しており、B016試験体およびB018試験体では20%程度以下に低下した。疲労試験を行った試験体では、B016試験体およびB018試験体で鉄筋の破断伸びに追従しない。追従率が疲労試験を行わない試験体と比べて、いずれの試験体もよい結果が得られている。これは、試験体は各1体であることや1箇所でも弱点部が存在すると追従率は小さく評価されることなどが原因と考えられる。30年前のエポキシ樹脂塗装材では、今回使用した3種類の塗膜の種類によって伸び性能の低下に大きな差が生じることが確認された。

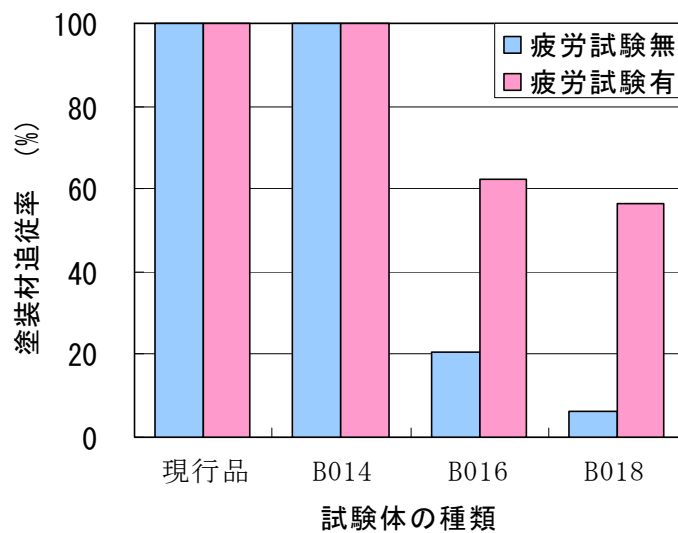


図-4.8.4 塗装材追従率

#### 4.8.4 エポキシ樹脂内部の塩化物イオン量

エポキシ樹脂塗膜内に塩化物イオンが浸透しているかを確認するためエポキシ樹脂断面を電子線マイクロアナライザー（EPMA）で調査した。各試験体の測定結果を図-4.8.5に示す。EPMA測定は、元素の量（濃度）を示しているが、塩化物イオン濃度への換算は困難である。そこで、外周を固着した樹脂中の塩素原子濃度に対する塗膜内の濃度を比較することで塗膜内への塩化物イオンの浸透の有無を判断した。B014 試験体および B018 試験体は、樹脂に含まれる塩素元素より濃度が小さいことがわかる。また、塗膜外部から内部にかけて濃度勾配も認められない。B016 試験体は、樹脂と同程度の濃度を示しており、顕著な含有量は認められなかった。この結果より、いずれのエポキシ樹脂塗装鉄筋においても、塗膜内に顕著な塩素元素の移動は認められない。

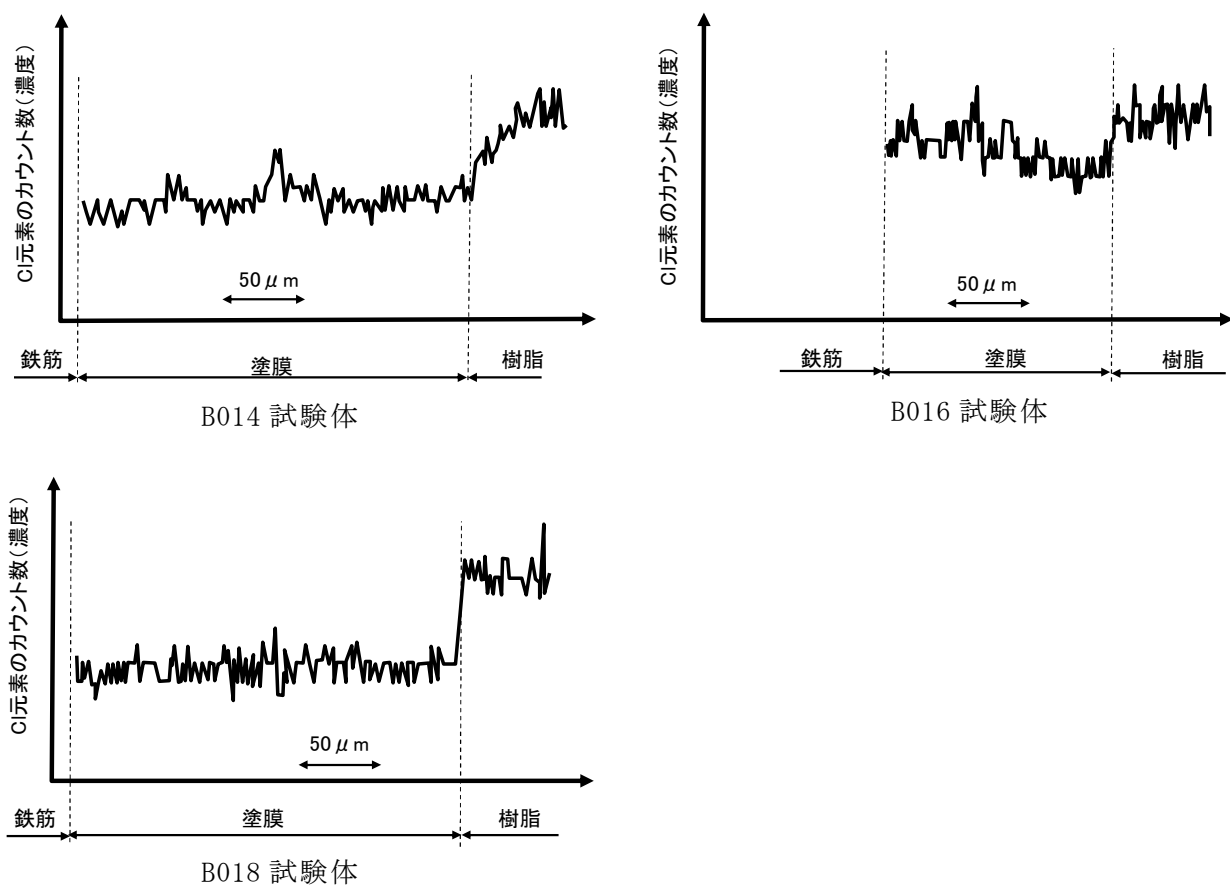


図-4.8.5 EPMA測定による塩素原子濃度

#### 4.8.5 エポキシ樹脂塗装鉄筋の調査結果の考察およびまとめ

試験体から取り出したエポキシ樹脂塗装鉄筋の外観は、20年間コンクリート中に配置されたエポキシ樹脂の表面の光沢の低下や剥がれが生じる場合が認められた。しかし、腐食が発生する環境にありながらも、本環境下ではエポキシ樹脂塗装鉄筋には腐食は認められない。

エポキシ樹脂の塗装は、疲労による損傷箇所数が試験体によって異なるが、鉄筋運搬時、コンクリート試験体製作時または鉄筋取出時に受けた損傷のうち、疲労試験前にピンホール調査で検出できなかった程度の損傷を受けた箇所が、繰り返し荷重により塗膜に僅かな変形等が生じ検出できるようになったものと推察される。

引張試験では、鉄筋の変形にエポキシ樹脂の塗装が追従する試験体と亀裂が発生する試験体に分かれたが、亀裂の発生は降伏以降であり使用状態での損傷は認められなかった。

EPMAによる調査では、いずれのエポキシ樹脂塗装鉄筋においても、塗膜内に顕著な塩素元素の移動は認められない。

30年前のエポキシ樹脂塗装材について暴露20年による結果では、内部へ塩分浸透による鉄筋の腐食は認められず、腐食に対しての有効性が確認された。エポキシ樹脂塗装材の種類によっては、降伏以降で伸び性能の低下が見られた。使用状態まで性能が低下したときには、鉄筋の腐食が発生する恐れがある。

#### 4.9 亜鉛めっき鉄筋の調査

暴露 25 年が経過した試験体内部における亜鉛めっき鉄筋を抽出し、亜鉛メッキの残存付着量および引張試験により性状を確認した。抽出した試験体を表-4.9.1 に示す。

表-4.9.1 試験体

鉄筋塗装種類	暴露デッキ	試験体構造	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	試験体
亜鉛めっき	3	RC	25	早強	40	B008

試験体製作時の亜鉛めっきの種類を表-4.9.2 に示す。鋼材に使用した亜鉛めっきの規格は HDZ 55C である。

表-4.9.2 製作当時の亜鉛めっき種類 (JIS H 8641-1975)

種類		記号	付着量 (g/m <sup>2</sup> )	硫酸銅 試験回数
1種	A	HDZ A	—	4回以上
	B	HDZ B	—	5回以上
2種	35	HDZ 35	350以上	—
	40	HDZ 40	400以上	—
	45	HDZ 45	450以上	—
	50	HDZ 50	500以上	—
	55	HDZ 55	550以上	—
3種	35A	HDZ 35A	350以上	4回以上
	40A	HDZ 40A	400以上	4回以上
	40B	HDZ 40B	400以上	5回以上
	45B	HDZ 45B	450以上	5回以上
	50B	HDZ 50B	500以上	5回以上
	55C	HDZ 55C	550以上	6回以上



#### 4.9.1 コンクリートおよび鉄筋の表面状態

試験体は、200 mm×200 mm×1200mm の RC である。コンクリートには早強セメントを使用し、水セメント比が 40%である。鉄筋は、通し筋には D13 の異形鉄筋、スターラップには  $\phi 9$  の丸鋼を使用し、亜鉛めっき塗装を行っている。スターラップの純かぶりは 25mm である。

コンクリート表面およびコンクリートからはつり出した鉄筋の腐食状況を写真-4.9.1 に示す。鉄筋は、スターラップにおいて浮錆や点錆が若干認められた。通し筋については、損傷は認められなかった。鉄筋の表面は、全体的に白錆（酸化亜鉛）が皮膜している状態であった。

亜鉛めっき鉄筋を使用した試験体の塩分分析結果を図-4.9.1 に示す。暴露 25 年でスターラップの純かぶり 2.5cm における塩化物イオン濃度は  $2.6\text{kg/m}^3$  で普通鉄筋の腐食発生限界濃度  $1.72\text{kg/m}^3$  には達していた。通し筋のかぶり側で  $1.2\text{kg/m}^3$  であり腐食発生限界濃度以下であった。過去の文献<sup>4.9.1)</sup>では、コンクリート中の塩分濃度が 0.34%（塩化物イオン濃度  $4.8\text{kg/m}^3$  相当）で亜鉛めっき鉄筋の腐食が確認されている。本試験体の塩化物イオン濃度は、文献と比較して小さい塩化物イオン濃度であった。



(a) コンクリート



(b) 通し筋



(c) スターラップ

写真-4.9.1 鉄筋の腐食状況

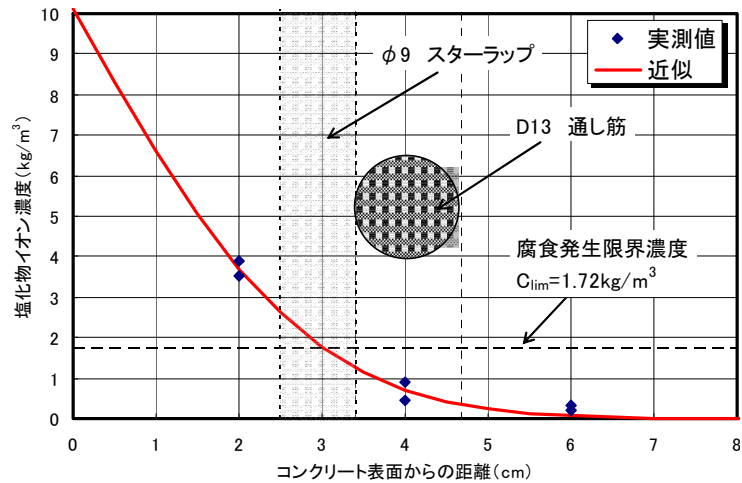


図-4.9.1 塩化物イオン濃度

#### 4.9.2 付着量

試験体製作当時および現在の亜鉛めっきの付着量を表-4.9.3 および表-4.9.4 にそれぞれ示す。製作当時の試験結果は HDZ 55C の規格を十分満足する付着量であった。暴露 25 年で残存する亜鉛めっきの付着量は、白錆が皮膜と表面を保護している状態を考慮された状態である。製作当時と比較してスターラップ (RB9) は若干の付着量の減少が確認されたが、通し筋 (D13) では製作当時と同等程度であった。また、亜鉛めっき除去後のスターラップおよび通し筋には浮錆や点錆等の発生は確認できなかった。

表-4.9.3 製作当時における亜鉛めっき鉄筋の付着量試験結果

番号	供試材	めっき付着量試験						備考
		試験片					めっき付着量 g/m <sup>2</sup>	
		寸法 mm	めっき面積 cm <sup>2</sup>	重量g				
				試験前(A)	試験後(B)	(A)-(B)		
1-1	RB9	203.1	57.4	101.93	96.34	5.59	974	
1-2	"	208.4	58.9	104.93	99.31	5.62	954	
2-1	D13	205.7	82.3	199.60	193.06	6.54	795	
2-2	"	201.0	80.4	195.10	188.47	6.63	825	

表-4.9.4 製作から 25 年経過後における亜鉛めっき鉄筋の付着量試験結果

番号	供試材	めっき付着量試験						備考
		試験片					めっき付着量 g/m <sup>2</sup>	
		寸法 mm	めっき面積 cm <sup>2</sup>	重量g				
				試験前(A)	試験後(B)	(A)-(B)		
3-1	RB9	103.5	28.4	51.11	48.63	2.48	873	直径8.74mm
3-2	"	104.2	28.9	51.94	49.28	2.66	921	直径8.82mm
3-3	"	107.3	29.3	51.67	48.89	2.78	950	直径8.68mm
4-1	D13	201.8	80.7	196.70	189.77	6.93	859	公称周長4mm
4-2	"	203.3	81.3	197.65	190.73	6.92	851	
4-3	"	201.9	80.8	195.80	188.97	6.83	846	

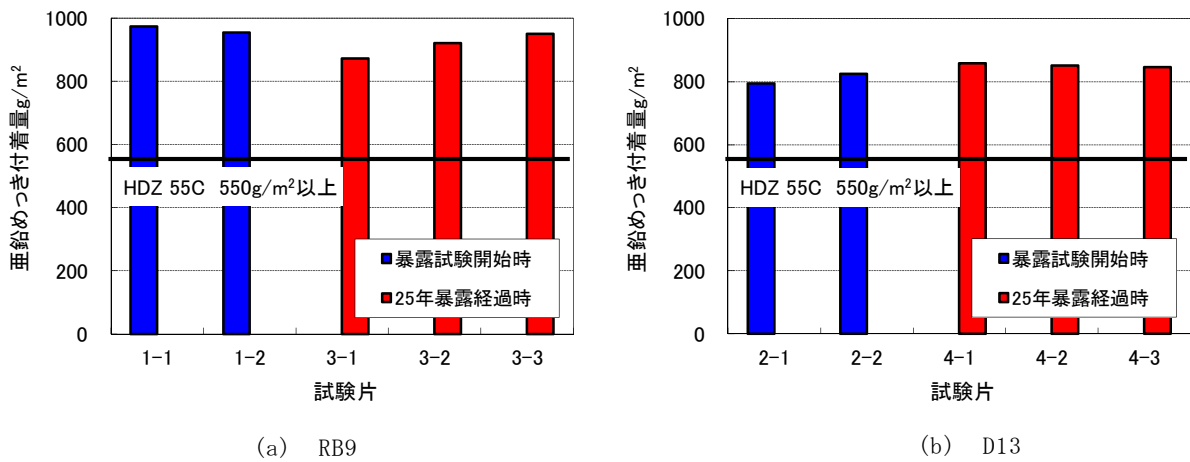


図-4.9.2 亜鉛めっき鉄筋の付着量試験結果比較

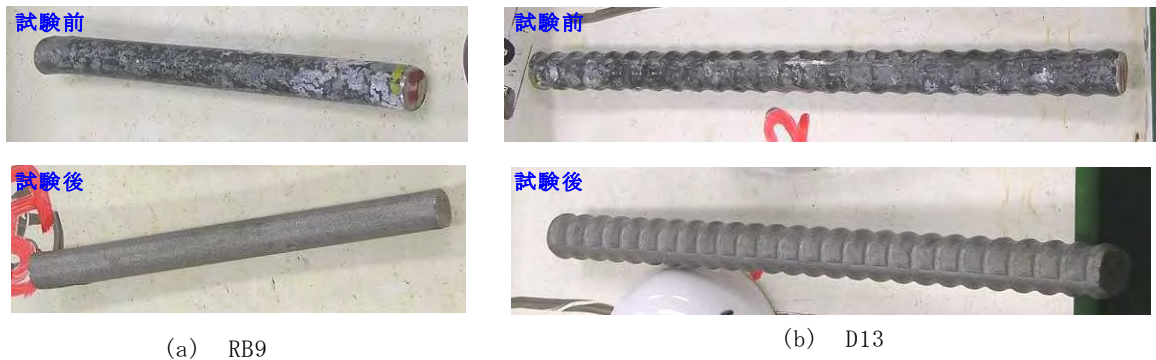


写真-4.9.2 試験片状況

#### 4.9.3 鋼材引張試験

通し筋を対象に引張試験を実施した。試験体製作時、暴露 25 年を経過した鉄筋コンクリート梁からは取り出した普通鉄筋 (A015: 高炉セメント, かぶり 25mm) および亜鉛めっき鉄筋 (B008: 早強セメント, かぶり 25mm) の引張試験結果を表-4.9.5 に示す。引張試験の結果では、降伏応力、破断応力ともに実験開始当時と同等程度の性状を有していることから、性能低下は確認できなかった。

表-4.9.5 製作から 25 年経過後における鉄筋試験結果

供試体No.	鋼材No.	降伏荷重 (kN)	破断荷重 (kN)	降伏応力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (N/mm <sup>2</sup> )
実験開始時	—	—	—	335.4	502.1	—
A015	②	43.3	62.7	341.8	494.9	191,000
	④	46.5	67.0	367.0	528.8	197,000
B008	①	46.4	65.5	366.2	517.0	197,000
	④	47.2	65.3	372.5	515.4	193,000

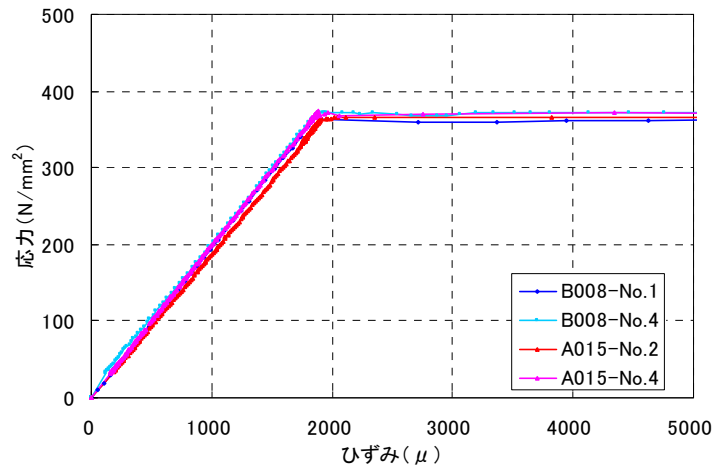


図-4.9.3 鉄筋の引張試験における荷重ひずみ関係

#### 4.9.4 亜鉛めっき鉄筋の調査結果の考察およびまとめ

亜鉛めっき鉄筋は、コンクリートからは取り出した状態でスターラップに浮錆や点錆が若干認められた。しかし、亜鉛めっき付着量、母材の引張性状はほとんど劣化が認められず、亜鉛めっきを除去した母材には発錆は認められず、今回の試験条件では暴露 25 年においても亜鉛めっき鉄筋は健全であると考えられる。

亜鉛めっき鉄筋の耐久性は、もう 1 体の暴露試験体を用いて評価する予定であったが、暴露 26 年時に試験体が流出してしまったため、本試験での耐久性の評価は困難となった。なお、既往の研究<sup>4.9.2)</sup>にて亜鉛めっき鉄筋を用いた梁の海洋暴露実験では、暴露期間が 15 年ともなると、コンクリート梁の全長にわたってひび割れが発生し、無処理の鉄筋を用いたものと大差のないひび割れ状態や鉄筋の腐食性状を呈していたこと、鉄筋とコンクリートの界面には、亜鉛めっきに起因する化合物が存在しているものの、鉄筋の腐食減量は大きくこれが犠牲陽極として鉄筋の防食に寄与したとは考えられない、と述べていることを考えると、通常の鉄筋に比べて耐用年数は長くなる可能性があるものの、将来的には亜鉛が無くなり、母材の鉄筋が腐食する可能性が高いものと考えられる。

参考文献：

- 4.9.1) 岸谷孝一，檜野紀元，飛坂基夫，真野孝次：亜鉛メッキした鉄筋を用いた鉄筋コンクリートの自然暴露試験（その 5 13 年目の計測），日本建築学会研究報告集 昭和 60 年度，構造系，第 86 号，pp. 349-pp. 352, 1985. 7
- 4.9.2) 星野富夫，魚本健人，小林一輔：15 年間の海洋暴露実験を行ったエポキシ樹脂塗装鉄筋コンクリート梁の耐久性と防食効果，土木学会論文集 No. 592/ V -39, pp107-120, 1998. 5

#### 4.10 PE シースの調査

##### 4.10.1 外観調査結果

第2デッキで30年暴露した試験体の解体およびシースの取り出し状況を写真-4.10.1に、採取したPEシースの外観調査結果を写真-4.10.2にそれぞれ示す。採取したPEシースの外観に割れ、極度な劣化はなく、性能に影響するような異常は見られず良好な状態を保っていた。また内部のPC鋼材の腐食も認められなかった。

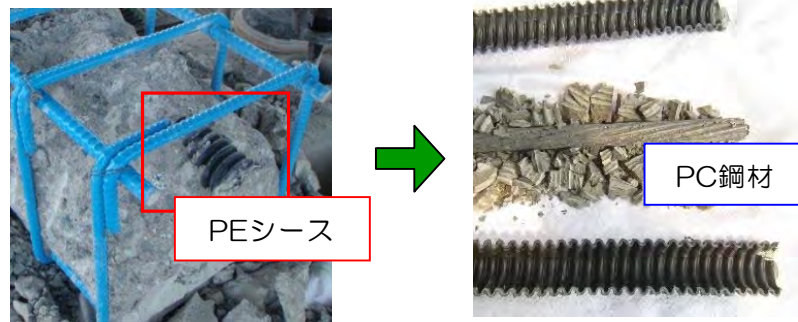


写真-4.10.1 試験体からのPEシース取り出し状況



外表面

内表面

外表面（拡大）

内表面（拡大）

写真-4.10.2 30年暴露後のPEシースの外観状況

##### 4.10.2 PEシースの物性試験結果

物性試験は採取したPEシースを、シート状に成型し直したのちに行った。各試験はそれぞれ表-4.10.1に示すJIS規格に準じて行っている。30年暴露後のPEシースの物性試験結果を表-4.10.1に、プレストレストコンクリート工学会より平成27年に刊行された「PE

シーすを用いた PC 橋の設計施工指針」(以下、H27 PE シーす指針とする)に示されている高密度ポリエチレン材料の品質基準(案)を表-4.10.2 に示す。暴露試験体から採取した PE シーすの物性試験結果は、H27 PE シーす指針記載の高密度ポリエチレン材料の品質基準(案)<sup>4.10.1)</sup>と比較すると、密度はほぼ同程度であったものの、引張に関する機械的特性はやや下回る結果となった。

表-4.10.1 30 年暴露後の PE シーすの物性試験結果

試験名	B092 から採取した PE シーすの試験結果	単位	JIS 規格
密度	924	kg/m <sup>3</sup>	JIS K 6268
曲げ弾性率	1021	MPa	JIS K 7116
曲げ強さ	20	MPa	
衝撃強さ	172	kJ/m <sup>2</sup>	JIS K 7160
引張降伏点強度	23.9	MPa	JIS K 7113
破断強度	13.2	MPa	
破断伸び率	152	%	

表-4.10.2 H27 PE シーす指針に示されている高密度 PE シーすの品質基準

項目	規格値	適用JIS規格
密度	942 kg/m <sup>3</sup> 以上	JIS K 6922-1
引張強さ	19.6 MPa 以上	JIS K 6922-1
引張破断伸び	300%以上	JIS K 6922-2
メルトマスフローレイト	0.4g/10min 未満	JIS K 6922-2
デュロメーターD硬さ	60 以上	JIS K 7215
ビカット軟化点	115°C以上	JIS K 7206

#### 4.10.3 PE シーすの調査結果の考察

材料の物性値としては、H27 PE シーす指針に示されている高密度ポリエチレン材料の品質基準(案)と比較すると今回の試験結果はやや下回る結果となった。しかし、コンクリートのひび割れや PC 鋼材の腐食は暴露 30 年では認められないこと、製作当時の仕様が不明であること、および PE シーす自体の変質や劣化は認められないことから、コンクリート中のアルカリ環境下に長期間に埋設されても材料劣化は生じないことが確認できた。また PE シーすはコンクリート内部に固定されて使用されるため、大きな衝撃や伸びにつながるような荷重の増減や変位の変化は想定し難く、また外観調査で良好な状態を保っていた点から、実用上は大きな影響はないと推察される。

参考文献：

- 4.10.1)プレストレストコンクリート工学会:PEシーすを用いたPC橋の設計施工指針(案), p.14, 2015.8

## 5. まとめ

海洋環境下でも特に腐食条件が激しいと言われている飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術の確立を目的として、昭和 57 年度から駿河湾に位置する海洋技術総合研究施設に各種の試験体を暴露し、「飛沫帯におけるコンクリート構造物の防食技術に関する研究」を実施している。本報告は、第 2 デッキ（海面からの高さが 8.9m）に暴露した試験体の調査結果を中心に、暴露 30 年までに実施した各種試験の結果についてとりまとめたものである。本試験のまとめを以下に示す。

### (1) コンクリートの防食技術の基本

#### a) コンクリートのかぶりと配合

セメントの種類（普通セメント、早強セメント）、かぶり、水セメント比（38%～50%）の違いが、コンクリート中の鋼材の防食に及ぼす影響について把握することを目的として、試験体の外観観察、電気化学的測定および試験体からコアを採取し、塩分浸透の測定、中性化試験を実施した。

外観観察の結果から、あらかじめ鉄筋に応力を与え曲げひび割れを導入した試験体や乾燥収縮等の影響によりひび割れが発生している試験体についても、ひび割れからの塩分浸透に起因した腐食は生じていないものと推定された。鉄筋の電気化学的測定の結果からも、鉄筋の腐食は生じていないものと推定された。

塩分浸透については、同一水セメント比であれば、セメント種類（普通セメント、早強セメント）の違いによる塩化物イオンの見かけの拡散係数に大きな違いは認められないこと、水セメント比が小さくなるにしたがい拡散係数は小さくなる傾向にあった。また、暴露開始から 30 年目までの塩化物イオンの見かけの拡散係数は、暴露年数の経過とともに小さくなる傾向にあること、土木学会 コンクリート標準示方書の普通セメントに対する示方書式に比べて小さい拡散係数を示すことが確認された。

中性化については、セメント種類、水セメント比の違いによらず、中性化は認められなかった。

コンクリートの防食技術の基本は、水セメント比の低減、鋼材のかぶりの確保であることを暴露 30 年の試験の結果からも再確認した。

#### b) 腐食環境の調査

腐食の進行を経時的に把握することを目的として、海洋技術総合研究施設の塩分環境の調査（土研法による飛来塩分、ドライガーゼ法による付着塩分、モルタル円盤法、モルタル薄片法による浸透塩分を測定）を実施した。

塩分環境の調査のうち、土研法にて測定された飛来塩分量は、台風による異常値を除き過去の調査結果と整合していた。またモルタル円盤法、モルタル薄片法による塩分浸透の測定結果からは、第 1 デッキ、第 2 デッキ、第 3 デッキと海面からの距離が近くなるにしたがい、浸透塩分量が大きい結果となった。

コンクリートの塩分浸透の測定結果をもとに、Fick の拡散方程式から算出した表面塩化物イオン濃度  $C_0$  についても、暴露期間により差異があるものの、全般的に第 2 デッキよりも海面に近い第 3 デッキの方がその値は大きく、塩分環境の調査と同様の傾向にあった。

同一な設置場所でも、海面からの高さにより腐食環境が異なることを確認した。

## (2) コンクリート中の鋼材の防食

### a) 塗装鉄筋の実用化

コンクリート中の鋼材の防食技術として考えられたエポキシ樹脂塗装鉄筋と亜鉛めっき鉄筋の品質について確認することを目的として、第3デッキにて20年暴露したエポキシ樹脂塗装鉄筋試験体、25年暴露した亜鉛めっき鉄筋の試験体について解体調査を実施した。

エポキシ樹脂塗装鉄筋の試験体は、あらかじめクラックやピンホールによる初期欠陥させた試験体から鉄筋を用いたが、鉄筋そのものには腐食が認められなかった。また塗膜のEPMAによる調査では、いずれのエポキシ樹脂塗装鉄筋においても、塗膜内に顕著な塩素の移動は認められなかったことから、エポキシ樹脂塗装鉄筋の腐食に対しての有効性が確認された。ただし、エポキシ樹脂塗装材料の種類によっては、疲労試験後の引張試験において鉄筋の降伏以降で伸び性能の低下が見られたこと、繰り返し荷重により塗膜の変状が検出されていることから、鉄筋運搬時やコンクリート打設時などの取り扱いには注意が必要であると考えられる。

亜鉛めっき鉄筋の試験体は、スターラップに浮錆や点錆が若干認められたものの、亜鉛めっきの付着量や母材の機械的性質には変化が認められず、亜鉛めっき鉄筋は健全であった。ただし、既往の研究にて亜鉛めっき鉄筋を用いた梁の海洋暴露試験では、暴露期間が15年にもなると、コンクリート梁の全長にわたってひび割れが発生し、無処理の鉄筋を用いたものと大差のないひび割れ状態や鉄筋の腐食性状を呈していたこと、亜鉛めっき鉄筋では鉄筋の腐食減量が大きく亜鉛めっきが犠牲陽極として鉄筋の防食に寄与したとは考えられないと述べている。亜鉛めっき鉄筋は通常の鉄筋に比べて耐用年数は長くなると考えられるが、将来的に亜鉛が無くなり鉄筋が腐食する可能性が高いものと考えられる。今回のような海洋環境下に使用には、耐用年数の設定等を含め、使用にあたり注意する必要があるものと考えられる。

### b) PC鋼材の防塩処理材料の開発

ポリエチレンシースを開発し、防食性能を確認するため、第2デッキにて30年暴露した試験体の解体調査を実施し、材料の物性試験を実施した。材料の物性値として、密度や引張に関する機械的特性はプレストレストコンクリート工学会より平成27年に刊行された「PEシースを用いたPC橋の設計施工指針」に示されている高密度ポリエチレン材料の品質基準(案)引張に関する機械的特性がやや下回る結果となったものの、製作当時の仕様が不明であること、およびポリエチレンシース自体の変質や劣化は認められないことから、コンクリート中のアルカリ環境下に長期間にわたり埋設されても材料劣化が生じないことが確認できた。

## (3) 耐海水コンクリート部材の設計技術

### a) 塗膜系材料の実用化

塗膜系材料による防食効果の確認を目的として、道路橋の塩害対策指針(案)に定められたA種、B種、C種試験体について外観観察、塩分浸透の測定を行った。塩害対策指針(案)に定められた塗料は、外観上の変状は認められなかった。また過去の調査時のコアから塩



分が浸透している可能性から、僅かにコンクリート中への塩分量が確認されたものの、塗装による遮塩効果は発揮されているものと考えられる。

#### **b) 含浸系塗料の実用化**

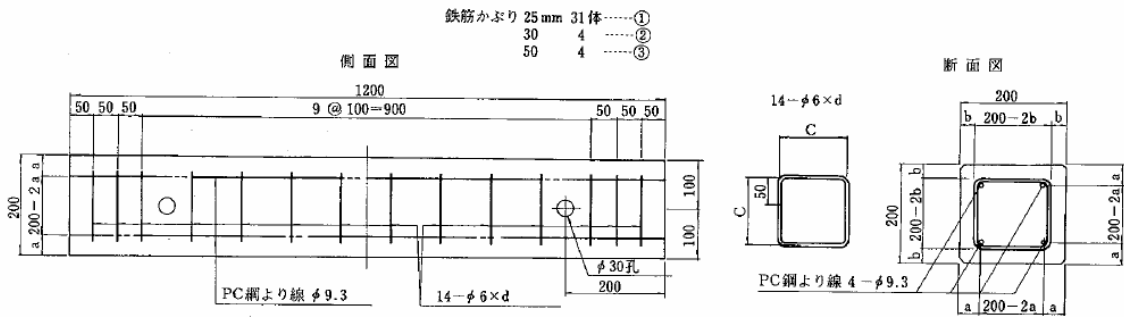
含浸系塗料による防食効果の確認を目的として、シリコン系、アクリル系、ビニルエステル系などを用いて、外観観察、塩分浸透の測定を行った。環境の厳しい第3デッキに暴露された試験体では暴露10年で変状が大きくなっていたが、第2デッキに暴露した試験体では暴露30年においても大きな塗膜劣化は認められない傾向にあった。また塩分浸透の抑制が認められるものがあり、環境条件と耐用年数に応じて適切に材料を選定すれば、塩害対策としての効果が期待できるものと考えられる。

#### **c) 耐塩性コンクリートの開発**

耐塩性コンクリート部材として高炉セメントB種を用いて、塩分浸透の測定、中性化試験を実施した。塩分浸透に関しては、今回の試験では暴露14年目以降拡散係数が大きくなり、暴露30年では普通セメント、早強セメントよりも大きな値を示した。また2つのコアのうち1つについては中性化が認められた。この試験体については、コンクリートの圧縮強度も著しく小さかったことから、コンクリートの初期養生の不足等の影響も考えられる。この原因については、引き続き調査する必要があるものと考えられる。

## 資料-1 試験体の製作仕様

### 1.1 試験体形状寸法



材料表

種別	仕様	単位	数量(体当り)			全数量			合計
			①	②	③	①	②	③	
コンクリート		m <sup>3</sup>	0.048	0.048	0.048	1.488	0.192	0.192	1.87
PC鋼より線	φ9.3mm	kg	1.94	1.94	1.94	60	8	8	76
型枠	側板	m <sup>2</sup>	0.480	0.480	0.480				
	端板	m <sup>2</sup>	0.080	0.080	0.080				
	底板	m <sup>2</sup>	0.240	0.240	0.240				
	合計	m <sup>2</sup>	0.800	0.800	0.800				
鉄筋	SR 24	kg	2.11	1.86	1.50	65	7	6	78

数値表

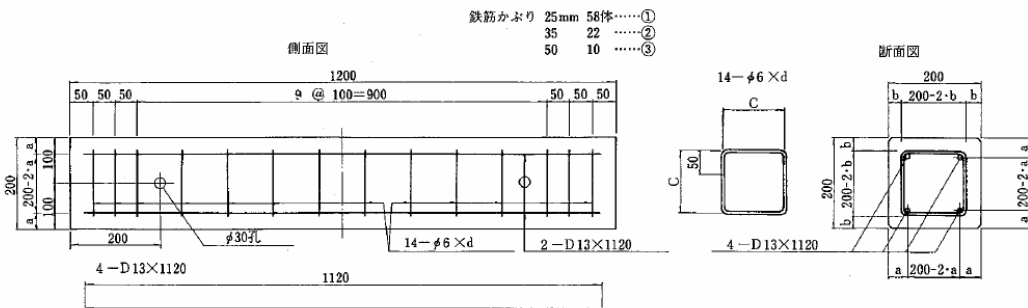
	a	b	c	d
①	40	25	144	680
②	50	35	124	600
③	65	50	94	460

鉄筋表

小試験体番号	径(mm)	長さ(mm)	単位重量(kg/m)	体当り重量(kg/本)	体当り本数(本)	重量(体当り)kg			全重量(kg)			形状
						①	②	③	①	②	③	
①	φ6	680	0.222	0.151	14	2.11			65			□
②	φ	600	φ	0.133	14		1.86			7		□
③	φ	480	φ	0.107	14			1.50			6	□

セメント かぶり厚	普通		早強		計
	40%	40%	40%	40%	
2.5cm	3	28	3	28	31
3.5cm	2	2	2	2	4
5.0cm	2	2	2	2	4
計	7	32	7	32	39

図-資 1.1 プレテンション方式小型試験体



材料表

種別	仕様	単位	数量(体当り)			全数量			合計
			①	②	③	①	②	③	
コンクリート		m	0.048	0.048	0.048	2.784	1.056	0.480	4.32
型枠	側板	kg	0.480	0.480	0.480				
	端板	m <sup>2</sup>	0.080	0.080	0.080				
	底板	m <sup>2</sup>	0.240	0.240	0.240				
	合計	m <sup>2</sup>	0.800	0.800	0.800				
鉄筋	SD 30	kg	4.46	4.46	4.46	259	98	45	402
	SR 24	kg	2.11	1.86	1.50	122	41	15	178

数値表

	a	b	c	d
①	40	25	144	680
②	50	35	124	600
③	65	50	94	480

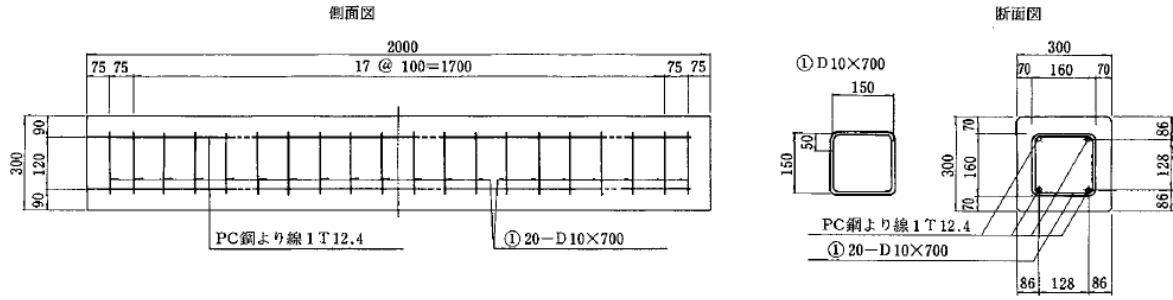
鉄筋表

小試験体番号	径(mm)	長さ(mm)	単位重量(kg/m)	体当り重量(kg/本)	体当り本数(本)	重量(体当り)kg			全重量(kg)			形状
						①	②	③	①	②	③	
①	φ6	680	0.222	0.151	14	2.11			122			□
②	φ	600	φ	0.133	14		1.86			41		□
③	φ	480	φ	0.107	14			1.50			15	□
①②③	D13	1120	0.995	1.114	4	4.46	4.46	4.46	259	98	45	—
									381	139	60	

セメント かぶり厚	普通		早強		高炉B		高炉C		計
	50%	50%	40%	50%	30%	30%			
2.5cm	3	46	3	3	3	3	3	58	
3.5cm	18	0	2	2	0	2	2	22	
5.0cm	2	2	2	2	2	2	2	10	
計	23	48	7	7	5	5	5	90	

図-資 1.2 鉄筋コンクリート小型試験体

鉄筋かぶり70mm 4体



材料表

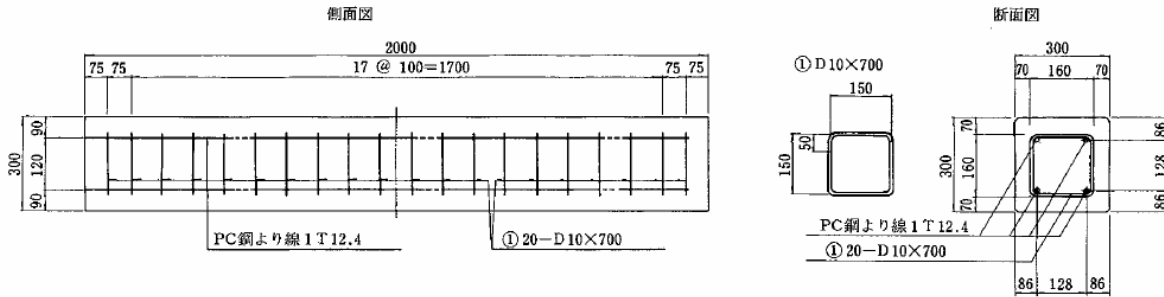
種別	仕様	単位	数量	全数量	備考
型	コンクリート	m <sup>3</sup>	0.180	0.72	
	側 枠	m <sup>2</sup>	1.20		
	端 板	m <sup>2</sup>	0.180		
	底 板	m <sup>2</sup>	0.600		
	合 計	m <sup>2</sup>	1.980		
PC鋼より線	1T12.4	kg	5.8	23.2	
鉄 筋	SD30	kg	8	32	

鉄筋表

番号	径(mm)	長さ(mm)	単位重量(kg/m)	体当り重量(kg/本)	本数(本)	重量(kg)	形状	備考
①	D10	700	0.56	0.392	20	8	□	
						8 kg		

図-資 1.3 プレテンション方式中型試験体

鉄筋かぶり70mm 4体



材料表

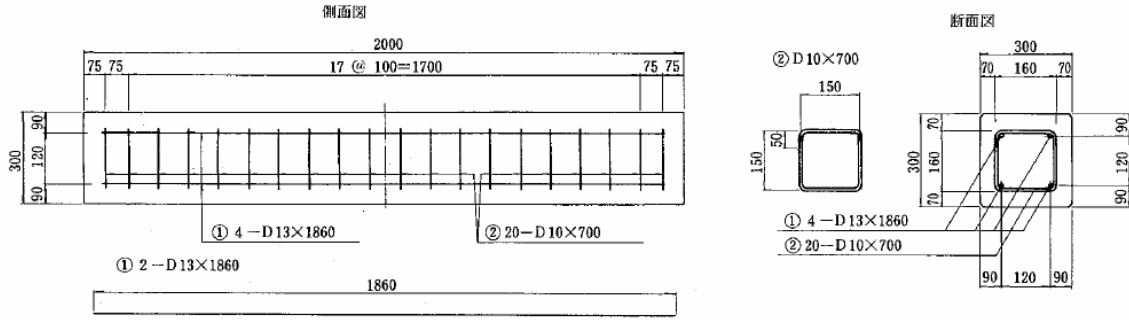
種別	仕様	単位	数量	全数量	備考
型	コンクリート	m <sup>3</sup>	0.180	0.72	
	側 枠	m <sup>2</sup>	1.20		
	端 板	m <sup>2</sup>	0.180		
	底 板	m <sup>2</sup>	0.600		
	合 計	m <sup>2</sup>	1.980		
PC鋼より線	1T12.4	kg	5.8	23.2	
鉄 筋	SD30	kg	8	32	

鉄筋表

番号	径(mm)	長さ(mm)	単位重量(kg/m)	体当り重量(kg/本)	本数(本)	重量(kg)	形状	備考
①	D10	700	0.56	0.392	20	8	□	
						8 kg		

図-資 1.4 ポストテンション方式中型試験体

鉄筋かぶり 70mm 6体



材料表

種別	仕様	単位	数量	全数量	備考
コンクリート	側板	m <sup>2</sup>	0.180	1.08	
	端板	m <sup>2</sup>	0.180		
	底板	m <sup>2</sup>	0.600		
	合計	m <sup>2</sup>	1.980		
鉄筋	SD30	kg	15	90	

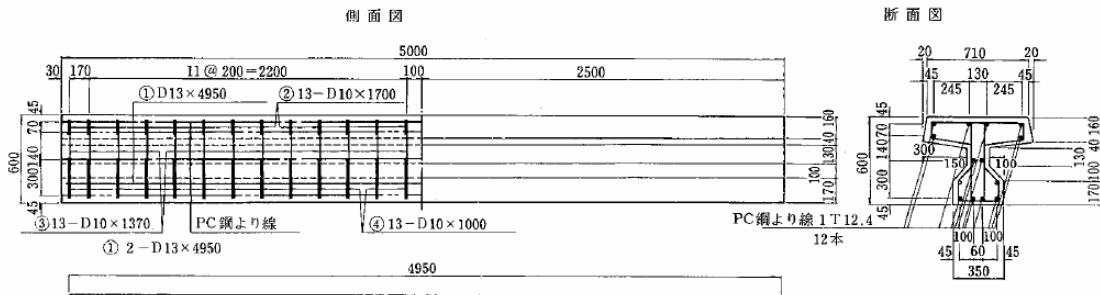
セメント かぶり	普通	早強	高炉B	計
7.0cm	50%	50%	50%	6

鉄筋表

番号	径(mm)	長さ (mm)	単位重量 (kg/m)	体当り重量 (kg/本)	本数 (本)	重量 (kg)	形状	備考
①	D13	1860	0.995	1.85	4	7	—	
②	D10	700	0.56	0.392	20	8	□	
15kg								

図-資 1.5 鉄筋コンクリート中型試験体

鉄筋かぶり 25mm 3体



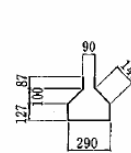
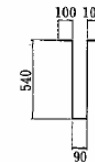
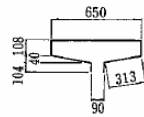
材料表

種別	仕様	単位	数量	備考
コンクリート	側板	m <sup>2</sup>	1.19	
	端板	m <sup>2</sup>	0.478	
	底板	m <sup>2</sup>	1.75	
	合計	m <sup>2</sup>	11.278	
鉄筋	SD 30	kg	68	

② 26-D10×1700

③ 26-D10×1370

④ 26-D10×1000



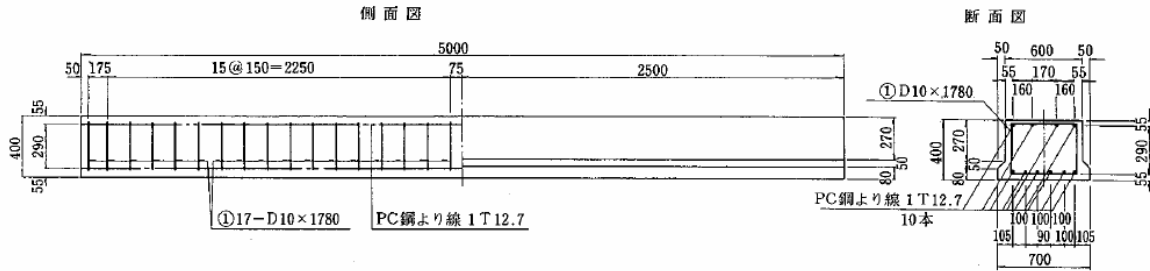
鉄筋表

(1体当り)

番号	径(mm)	長さ (mm)	単位重量 (kg/m)	体当り重量 (kg/本)	本数 (本)	重量 (kg)	形状	備考
①	D 13	4950	0.995	3.96	2	8	—	
②	D 10	1700	0.56	0.952	26	25	▽	
③	φ	1370	φ	0.767	26	20	丁	
④	φ	1000	φ	0.560	26	15	△	
68kg								

図-資 1.6 プレテンション方式大型試験体 JIS A 5316 型

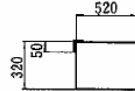
鉄筋かぶり 35mm 1体



材料表

種別	仕様	単位	数量	備考
コンクリート		m <sup>3</sup>	1.25	
PC鋼より線	1T12.7	kg	39	
	側棒	m <sup>2</sup>	4.21	
型 枠	端 板	m <sup>2</sup>	0.501	
	底 板	m <sup>2</sup>	3.50	
	合 計	m <sup>2</sup>	8.211	
鉄 筋	SD 30	kg	34	

① 34-D10×1780

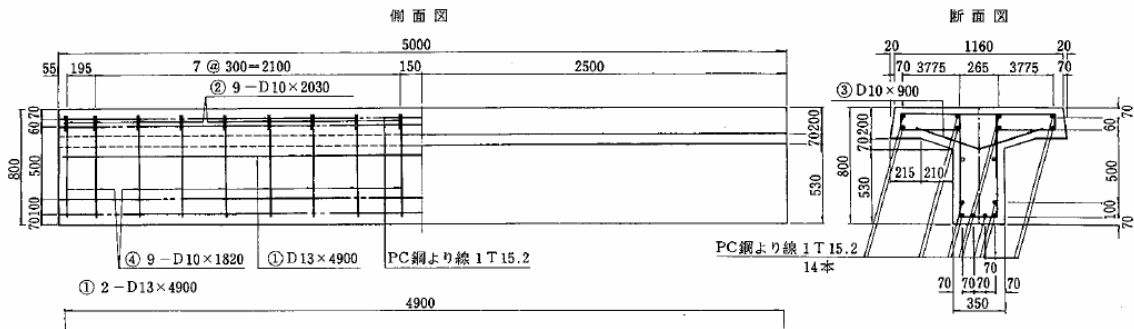


鉄筋表

番号	径(mm)	長さ(mm)	単位重量(kg/m)	体当り重量(kg/本)	本数(本)	重量(kg)	形状	備考
①	D10	1780	0.56	0.997	34	34	□	

図-資 1.7 プレテンション方式大型試験体 スラブ型

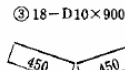
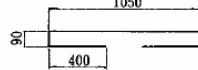
鉄筋かぶり 50mm 1体



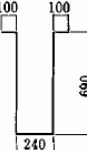
材料表

種別	仕様	単位	数量	備考
コンクリート		m <sup>3</sup>	2.30	
PC鋼より線	1T15.2	kg	77	
	側 棒	m <sup>2</sup>	5.79	
型 枠	端 板	m <sup>2</sup>	0.920	
	底 板	m <sup>2</sup>	1.75	
	合 計	m <sup>2</sup>	8.46	
鉄 筋	SD 30	kg	58	

② 18-D10×2030



④ 18-D10×1820



鉄筋表

番号	径(mm)	長さ(mm)	単位重量(kg/m)	体当り重量(kg/本)	本数(本)	重量(kg)	形状	備考
①	D13	4900	0.995	4.88	2	10	—	
②	D10	2030	0.56	1.14	18	21	□	
③	〃	900	〃	0.504	18	9	△	
④	〃	1820	〃	1.02	18	18	⌋	
						58kg		

図-資 1.8 プレテンション方式大型試験体 S.T型

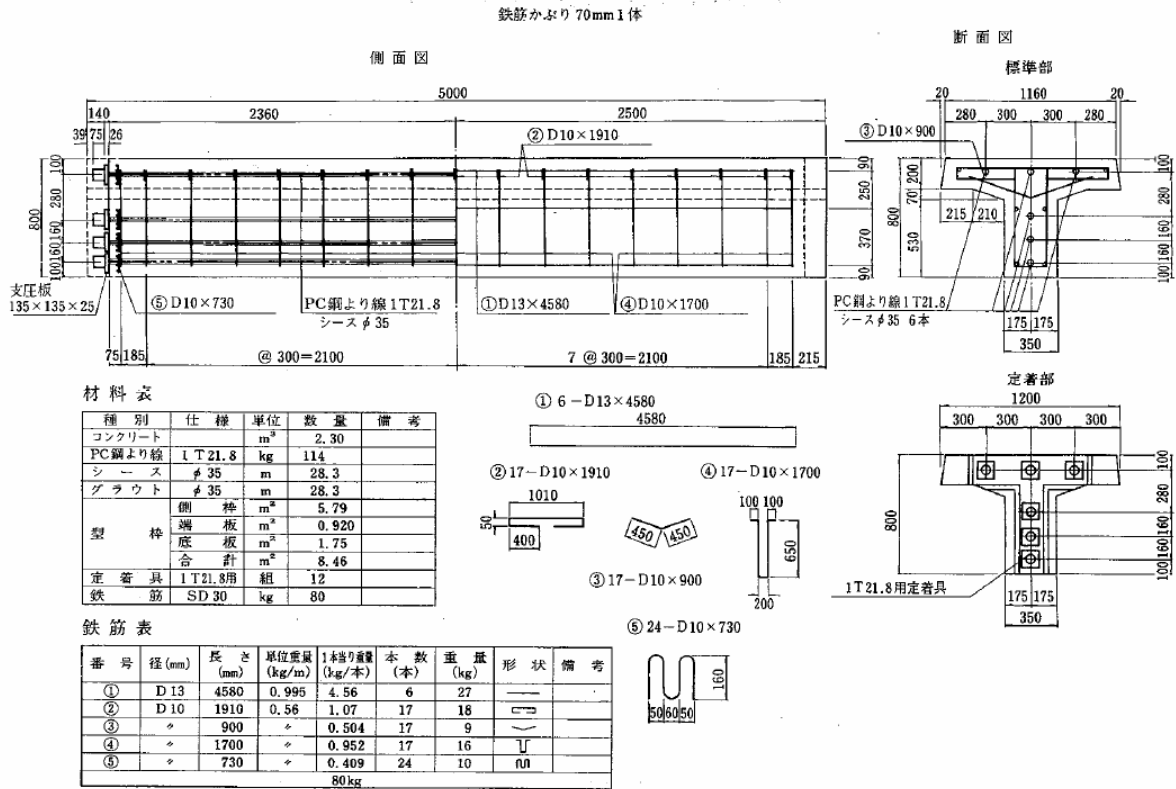


図-資 1.9 ポストテンション方式大型試験体

資料-2 調查結果一覽表









### 資料-3 外觀調查結果

<外観調査評価方法>

(1) ひび割れに対する評価

- ①ひび割れ面積 (ひび割れ長さ×ひび割れ幅)
- ②ひび割れ密度 (ひび割れ長さ／調査面積)
- ③ひび割れ係数 (ひび割れ長さ×ひび割れ幅／調査面積)

ひび割れ係数に対する評価点を下記に示す。

表-資 3.1 試験体一覧 (基準系試験体)

ひび割れ係数 (×10)	評価点		変状の程度
	錆汁なし	錆汁あり	
$k < 1.5$	4	4	大
$0.5 < k \leq 1.5$	3	4	中
$0.2 < k \leq 0.5$	2	3	小
$0.05 < k \leq 0.2$	1	2	軽微
$k \leq 0.05$	0	1	なし又はごく軽重

(2) はく離・欠陥に対する評価

- ①はく離・はく落の面積率

はく離・はく落に対する評価点を下記に示す。

表-資 3.2 はく離・はく落に対する評価点

はく離・欠陥の面積率 (%)	評価点		変状の程度
	鉄筋露出なし	鉄筋露出あり	
$k < 10$	4	4	大
$5 < k \leq 10$	3	4	中
$1 < k \leq 5$	2	3	小
$0.03 < k \leq 1$	1	2	軽微
$k \leq 0.03$	0	1	なし又はごく軽重

(3) 塗膜の異常に対する評価

①塗膜の割れ，膨れ，はがれなどの異常の面積率

塗膜の異常に対する評価点を下記に示す。

表-資 3.3 塗膜の異常に対する評価点

塗膜異常の面積率 (%)	評価点	変状の程度
$k < 10$	4	大
$3 < k \leq 10$	3	中
$1 < k \leq 3$	2	小
$0.03 < k \leq 1$	1	軽微
$k \leq 0.03$	0	なし又はごく軽重



















表-資 3.12 調査結果一覧表 (その9)

試験体	形状寸法	試験体構造	かぶり (mm)	セメント 比	水セメント 比	塗装鉄筋	鉄筋引張力	コンクリート 塗装	含浸系 塗装	暴露 デッキ	試験体 No.	ひびわれ										はくり				塗膜																											
												幅	長さ	面積	密度	係数	誘汁	評価 A	面積	深さ	鉄筋露出	評価 B	膨れ	剥がれ	剥がれ	剥がれ	評価 C	幅	長さ	面積	密度																						
																																mm	cm	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	×10 <sup>-3</sup>	cm <sup>2</sup>	cm	mm	mm	mm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>											
防食処理系試験体	小	200×200×1200	RC	25	早強	40	—	—	—	—	第3デッキ	B040	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2																	
													2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2														
													3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
													4年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
													5年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
													6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
													8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
													10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
													12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
													14年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3													
													B041	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2												
														2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2												
												3年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
												4年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
												5年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
												6年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3													
												8年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3													
												10年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3													
												12年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3													
												14年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4													
												防食処理系試験体		小	200×200×1200	RC	25	早強	40	—	—	—	—	第3デッキ	B042	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	2	2				
																										2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
													3年													0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2		
													4年													0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	
5年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0		0													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0		0													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0		0													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0		0													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0		0													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
14年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0		0													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6													
B043	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
	2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0													0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2												
	3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
	4年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
	5年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
	6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
	8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
	10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
	12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
	14年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無		0												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2													
	防食処理系試験体	小	200×200×1200	RC	25	早強	40	—	—	—	—		第3デッキ												B044	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
																										2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3年																										0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4年																										0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5年												0.00		0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
6年												0.00		0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
8年												0.00		0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
10年												0.00		0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
12年												0.00		0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
14年												0.00		0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
B045												1年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
												2年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
												3年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0												
												4年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
												5年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
												6年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
												8年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
												10年		0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0</																											





表-資 3.14 調査結果一覧表 (その11)

試験体	形状寸法	試験体構造	かぶり (mm)	セメント 比 (%)	水セメント比 (%)	巻装鉄筋	鉄筋引張力	コンクリート巻装	含湿率巻装	暴露 デッキ	試験体 No.	暴露年	ひびわれ					はくり			塗膜													
													幅	長さ	面積	密度	係数	錆汁	評価 A	面積	深さ	鉄筋露出	評価 B	剥れ	割れ	剥がれ	評価 C							
													mm	cm	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> × 10 <sup>-3</sup>			cm <sup>2</sup>	cm														
防食処理系試験体	小	200×200×1200	プレテンション	25	早強	40	—	—	—	シリコン系	第2デッキ	B060	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0				
													2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													20年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													21年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													23年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													24年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													25年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													26年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													27年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													28年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
											29年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
											30年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
											第3デッキ	B061	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													4年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													5年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													9年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
													14年	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	
													第3デッキ	B062	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0
											2年	0.00			0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
											3年	0.00			0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
											4年	0.00			0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
											5年	0.00			0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0			0	0	0	0	0	0	0													
8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0			0	0	0	0	0	0	0													
10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0			0	0	0	0	0	0	0													
12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0												
防食処理系試験体	小	200×200×1200	プレテンション	25	早強	40	—	—	—	有機無機複合	第2デッキ	B063			1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0		
															2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0
															3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													20年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													21年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													23年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													24年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													25年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													26年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													27年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													28年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
											29年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
											30年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
											第3デッキ	B064	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													4年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													5年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	2.0	0.1	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	2.0	0.1	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													14年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
													第3デッキ	B065	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0
															2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0
											3年	0.00			0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
											4年	0.00			0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
											5年	0.00			0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
											6年	0.00			0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0			0	0	0	0	0	0	0													
10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0												
12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0												
防食処理系試験体	小	200×200×1200	プレテンション	25	早強	40	—	—	—	アクリル系	第2デッキ	B066			1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0		
															2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0
															3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0
													10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													20年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													21年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													23年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													24年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													25年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													26年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													27年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
													28年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0												

表-資 3.15 調査結果一覧表 (その12)

試験体	形状寸法	試験体構造	かぶり セメント (mm)	セメント比 (%)	塗装鉄筋	鉄筋引張力	コンクリート塗装	含浸系塗装	暴露 デッキ	試験体 No.	暴露年	ひびわれ					はくり			塗膜																				
												幅	長さ	面積	密度	係数	露汁	評価 A	面積	深さ	鉄筋露出	評価 B	剥れ	剥がれ	評価 C															
												mm	cm	cm <sup>2</sup>	ml/m <sup>2</sup>	× 10 <sup>-3</sup>			cm <sup>2</sup>	cm																				
防食処理系試験体	小 200×200×1200	プレテンション	25	早強	40	-	-	-	-	-	第2デッキ B069	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0												
												2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												4年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												5年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												7年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												9年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												11年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												13年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												14年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												15年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												16年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												17年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												18年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												19年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												20年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												21年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												22年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												23年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												24年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												25年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												26年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												27年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												28年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												29年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
												30年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0	0											
防食処理系試験体	中 300×300×2000	ポストテンション	35	早強	40	塗装鉄筋	-	-	-	-	第2デッキ B082	1年	0.10	23	0.23	1.16	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												2年	0.10	23	0.23	1.16	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												3年	0.30	24	0.72	1.21	0.04	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												4年	0.30	25	0.75	1.26	0.04	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												5年	0.30	25	0.75	1.26	0.04	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												6年	0.30	27	0.81	1.36	0.04	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												8年	0.30	37	1.11	1.87	0.05	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												10年	0.30	37	1.11	1.87	0.05	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												12年	0.30	37	1.11	1.87	0.05	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												20年	0.00	0	0.00	0.00	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												21年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												22年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												24年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												25年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												26年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												28年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												29年	0.40	18	0.72	0.91	0.04	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												28年	0.40	18	0.72	0.91	0.04	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												30年	0.40	18	0.72	0.91	0.04	無	0	0.0	0.0	無	0																	
												防食処理系試験体	小 200×200×1200	プレテンション	25	早強	40	-	-	-	-	-	第2デッキ B084	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	
																								2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
																								3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
																								4年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
																								5年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
																								6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
																								7年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
																								8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
																								9年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
																								10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
																								11年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0
12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
13年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
14年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
15年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
16年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
17年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
18年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
19年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
20年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
21年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
22年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
23年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
24年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
25年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
26年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
27年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
28年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
29年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
30年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0													0	0	0	0	0												
防食処理系試験体	小 200×200×1200	プレテンション	25	早強	40	-	-	-	-	-	第3デッキ B085	1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0													
												2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0												
												3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0												
												4年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0												
												5年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0												
												6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0												
												7年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0												
												8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0												
												9年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0	0	0	0	0	0												
												10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0																					







表-資 3.19 調査結果一覧表 (その16)

試験体	形状寸法	試験体構造	かぶり セメント 水セメント比 (%)	塗装鉄筋	鉄筋引張力	コンクリート塗装	含浸系塗装	露筋 デッキ	試験体 No.	暴露年	ひびわれ					はくり			塗離														
											幅	長さ	面積	密度	係数	錆汁	評価A	面積	深さ	鉄筋露出	評価B	剥れ	割れ	剥がれ	評価C								
											mm	cm	cm <sup>2</sup>	m/m <sup>2</sup> × 10 <sup>-3</sup>				cm <sup>2</sup>	cm														
実態調査試験体	小	200×200×1200	RC	35	普通	50	-	鉄筋引張力 100N/mm <sup>2</sup>	-	第2デッキ	C013	1年	0.04	8	0.03	1.00	0.00	無	0	14.7	0.2	無	0										
												2年	0.06	8	0.05	1.00	0.01	無	0	20.2	0.5	無	0										
												3年	0.06	8	0.05	1.00	0.01	無	0	20.2	0.5	無	0										
												4年	0.06	8	0.05	1.00	0.01	無	0	20.2	0.5	無	0										
												5年	0.06	16	0.10	2.00	0.01	無	0	20.2	0.5	無	0										
												6年	0.06	16	0.10	2.00	0.01	無	0	20.2	0.5	無	0										
												8年	0.06	21	0.13	2.63	0.02	無	0	20.2	0.5	無	0										
												10年	0.06	21	0.13	2.63	0.02	無	0	20.2	0.5	無	0										
												12年	0.06	21	0.13	2.63	0.02	無	0	20.2	0.5	無	0										
												20年	0.08	12	0.10	1.50	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0										
												21年	0.08	12	0.10	1.50	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0										
												23年	0.25	20	0.50	2.50	0.07	無	1	0.0	0.0	無	0										
												24年	0.25	15	0.38	1.88	0.05	無	1	0.0	0.0	無	0										
												25年	0.25	15	0.38	1.88	0.05	無	1	0.0	0.0	無	0										
												28年	0.25	20	0.50	2.50	0.07	無	1	0.0	0.0	無	0										
												27年	0.25	15	0.38	1.88	0.05	無	1	0.0	0.0	無	0										
												28年	0.25	15	0.38	1.88	0.05	無	1	0.0	0.0	無	0										
												29年	0.25	15	0.38	1.88	0.05	無	1	0.0	0.0	無	0										
												30年	0.25	15	0.38	1.88	0.05	無	1	0.0	0.0	無	0										
												1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0										
												2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	7.0	0.5	無	0										
												3年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	7.0	0.5	無	0										
												4年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	7.0	0.5	無	0										
												5年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	7.0	0.5	無	0										
												6年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	7.0	0.5	無	0										
												8年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	10.5	0.5	無	0										
												10年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	10.5	0.5	無	0										
												12年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	10.5	0.5	無	0										
												20年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0										
												21年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0										
											23年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											24年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											25年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											26年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											27年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											28年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											29年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											30年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											1年	0.04	11	0.04	1.38	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0											
											2年	0.08	12	0.10	1.50	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0											
											3年	0.08	12	0.10	1.50	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0											
											4年	0.10	14	0.14	1.75	0.02	無	0	0.0	0.0	無	0											
											5年	0.10	34	0.34	4.25	0.03	無	0	0.0	0.0	無	0											
											6年	0.10	34	0.34	4.25	0.03	無	0	0.0	0.0	無	0											
											8年	0.10	34	0.34	4.25	0.03	無	0	0.0	0.0	無	0											
											10年	0.10	34	0.34	4.25	0.03	無	0	0.0	0.0	無	0											
											12年	0.10	34	0.34	4.25	0.03	無	0	0.0	0.0	無	0											
											20年	0.05	5	0.03	0.63	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											21年	0.05	5	0.03	0.63	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											23年	0.50	15	0.75	1.88	0.10	無	1	0.0	0.0	無	0											
											24年	0.25	15	0.38	1.88	0.05	無	1	0.0	0.0	無	0											
											25年	0.25	16	0.40	2.00	0.06	無	1	0.0	0.0	無	0											
											26年	0.25	16	0.40	2.00	0.06	無	1	0.0	0.0	無	0											
											27年	0.25	16	0.40	2.00	0.06	無	1	0.0	0.0	無	0											
											28年	0.25	16	0.40	2.00	0.06	無	1	0.0	0.0	無	0											
											29年	0.25	16	0.40	2.00	0.06	無	1	0.0	0.0	無	0											
											30年	0.25	16	0.40	2.00	0.06	無	1	0.0	0.0	無	0											
											1年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											2年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	3.1	0.5	無	0											
											3年	0.06	4	0.02	0.50	0.00	無	0	3.1	0.5	無	0											
											4年	0.06	4	0.02	0.50	0.00	無	0	3.1	0.5	無	0											
											5年	0.06	4	0.02	0.50	0.00	無	0	3.1	0.5	無	0											
											6年	0.06	4	0.02	0.50	0.00	無	0	3.1	0.5	無	0											
											8年	0.06	4	0.02	0.50	0.00	無	0	3.1	0.5	無	0											
											10年	0.06	4	0.02	0.50	0.00	無	0	3.1	0.5	無	0											
											12年	0.06	4	0.02	0.50	0.00	無	0	3.1	0.5	無	0											
											20年	0.06	23	0.14	2.88	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											21年	0.06	23	0.14	2.88	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0											
											23年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											24年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											25年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0											
											26年	0.20	10	0.20	1.25	0.03	無	0	0.0	0.0	無	0											
											27年	0.20	5	0.10	0.63	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0											
											28年	0.20	5	0.10	0.63	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0											
											29年	0.20	5	0.10	0.63	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0											
											30年	0.20	5	0.10	0.63	0.01	無	0	0.0	0.0	無	0											

※  : 試験体なし  
 : 調査終了







表-資 3.22 調査結果一覧表 (その19)

試験体	形状寸法	試験体構造	かぶり (mm)	セメント 比 (%)	水セメント比 (%)	塗装鉄筋	鉄筋引張り 力	コンクリート 塗装	倉庫式 塗装	番 デッキ	試験体 No.	ひびわれ						はくり			塗膜												
												幅	長さ	面積 mm <sup>2</sup>	密度 m/m <sup>2</sup> × 10 <sup>-3</sup>	係 数	錆 汁	評 価 A	面積 cm <sup>2</sup>	深さ cm	鉄筋露出	評 価 B	膨 れ	割 れ	剥 が れ	評 価 C							
																											mm	cm	mm <sup>2</sup>	m/m <sup>2</sup>	無	有	有
腐食調査試験体	小	200×200×1200	RC	35	普通	80	—	鉄筋引張り 140N/mm <sup>2</sup>	—	—	第2デッキ	C021	1年	0.45	5	0.23	0.83	0.03	無	0	0.0	0.0	無	0									
													2年	0.45	14	0.63	1.75	0.04	無	0	0.0	0.0	無	0									
													3年	0.45	19	0.86	2.38	0.04	無	0	3.1	0.3	無	0									
													4年	0.45	19	0.86	2.38	0.04	無	0	3.1	0.3	無	0									
													5年	0.45	19	0.86	2.38	0.04	無	0	3.1	0.3	無	0									
													6年	0.45	19	0.86	2.38	0.04	無	0	3.1	0.3	無	0									
													8年	0.45	19	0.86	2.38	0.04	無	0	3.1	0.3	無	0									
													10年	0.45	19	0.86	2.38	0.04	無	0	3.1	0.3	無	0									
													12年	0.45	19	0.86	2.38	0.04	無	0	3.1	0.3	無	0									
													20年	0.08	20	0.16	2.50	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0									
													21年	0.08	20	0.16	2.50	0.02	無	0	0.0	0.0	無	0									
													23年	0.08	20	0.16	2.50	0.02	無	0	0.0	0.0	無	0									
													24年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0									
													25年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0									
													26年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0									
													27年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0									
													28年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0									
													29年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0									
													30年	0.00	0	0.00	0.00	0.00	無	0	0.0	0.0	無	0									
													C022	1年	0.25	48	1.20	6.00	0.08	無	1	0.0	0.0	無	0								
														2年	0.25	48	1.20	6.00	0.08	無	1	0.0	0.0	無	0								
														3年	0.25	48	1.20	6.00	0.08	無	1	0.0	0.0	無	0								
														4年	0.10	41	0.41	5.13	0.08	無	1	12.0	0.2	無	0								
														5年	0.10	42	0.42	5.25	0.09	無	1	12.0	0.2	無	0								
														6年	0.10	42	0.42	5.25	0.10	無	1	12.0	0.2	無	0								
														10年	0.15	42	0.63	5.25	0.11	無	1	12.0	0.2	無	0								
														12年	0.15	42	0.63	5.25	0.11	無	1	12.0	0.2	無	0								
														20年	0.40	44	1.76	5.50	0.02	無	0	0.0	0.0	無	0								
														21年	0.40	44	1.76	5.50	0.17	無	1	0.0	0.0	無	0								
														23年	0.60	44	2.64	5.50	0.25	無	2	0.0	0.0	無	0								
														24年	0.30	35	1.05	4.38	0.10	無	1	0.0	0.0	無	0								
														26年	0.30	35	1.05	4.38	0.10	無	1	0.0	0.0	無	0								
														27年	0.30	35	1.05	4.38	0.11	無	1	0.0	0.0	無	0								
														28年	0.30	35	1.05	4.38	0.11	無	1	0.0	0.0	無	0								
														29年	0.30	35	1.05	4.38	0.11	無	1	0.0	0.0	無	0								
														30年	0.30	35	1.05	4.38	0.11	無	1	0.0	0.0	無	0								
												C023		1年	0.10	47	0.47	5.88	0.09	無	1	0.0	0.0	無	0								
														2年	0.10	47	0.47	5.88	0.09	無	1	0.0	0.0	無	0								
														3年	0.20	50	1.00	6.25	0.16	無	1	0.0	0.0	無	0								
														4年	0.20	51	1.02	6.38	0.17	無	1	0.0	0.0	無	0								
														5年	0.20	51	1.02	6.38	0.17	無	1	0.0	0.0	無	0								
														6年	0.20	59	1.18	7.38	0.17	無	1	0.0	0.0	無	0								
														9年	0.20	59	1.18	7.38	0.19	無	1	0.0	0.0	無	0								
														10年	0.30	59	1.77	7.38	0.20	無	2	0.0	0.0	無	0								
														12年	0.30	59	1.77	7.38	0.20	無	2	0.0	0.0	無	0								
														20年	0.70	48	3.36	6.00	0.47	無	2	0.0	0.0	無	0								
														21年	0.70	48	3.36	6.00	0.47	無	2	0.0	0.0	無	0								
														23年	0.70	48	3.36	6.00	0.47	無	2	0.0	0.0	無	0								
														23年	0.25	40	1.00	5.00	0.14	無	1	0.0	0.0	無	0								
														25年	0.25	40	1.00	5.00	0.14	無	1	0.0	0.0	無	0								
														26年	0.25	40	1.00	5.00	0.14	無	1	0.0	0.0	無	0								
														27年	0.25	40	1.00	5.00	0.14	無	1	0.0	0.0	無	0								
														28年	0.25	40	1.00	5.00	0.14	無	1	0.0	0.0	無	0								
														29年	0.25	40	1.00	5.00	0.14	無	1	0.0	0.0	無	0								
														30年	0.25	40	1.00	5.00	0.14	無	1	0.0	0.0	無	0								
													C024	1年	0.20	75	1.50	9.38	0.18	無	1	0.0	0.0	無	0								
														2年	0.20	77	1.54	9.63	0.19	無	1	0.0	0.0	無	0								
														3年	0.25	75	1.95	9.75	0.22	無	2	0.0	0.0	無	0								
														4年	0.25	78	1.95	9.75	0.23	無	2	0.0	0.0	無	0								
														5年	0.25	78	1.95	9.75	0.23	無	2	0.0	0.0	無	0								
														6年	0.25	78	1.95	9.75	0.23	無	2	0.0	0.0	無	0								
														9年	0.25	78	1.95	9.75	0.23	無	2	0.0	0.0	無	0								
														10年	0.40	78	3.12	9.75	0.29	無	2	0.0	0.0	無	0								
														12年	0.40	78	3.12	9.75	0.29	無	2	0.0	0.0	無	0								
														20年	0.70	48	3.36	6.00	0.47	無	2	0.0	0.0	無	0								
														21年	0.70	48	3.36	6.00	0.47	無	2	0.0	0.0	無	0								
														23年	0.70	48	3.36	6.00	0.47	無	2	0.0	0.0	無	0								
														24年	0.50	48	2.40	6.00	0.33	無	2	0.0	0.0	無	0								
														25年	0.50	48	2.40	6.00	0.33	無	2	0.0	0.0	無	0								
														26年	0.50	48	2.40	6.00	0.33	無	2	0.0	0.0	無	0								
														27年	0.50	48	2.40	6.00	0.33	無	2	0.0	0.0	無	0								
														28年	0.50	57	2.85	7.13	0.40	無	2	0.0	0.0	無	0								
												29年		0.50	57	2.85	7.13	0.40	無	2	0.0	0.0	無	0									
												30年		0.50	57	2.85	7.13	0.40	無	2	0.0	0.0	無	0									



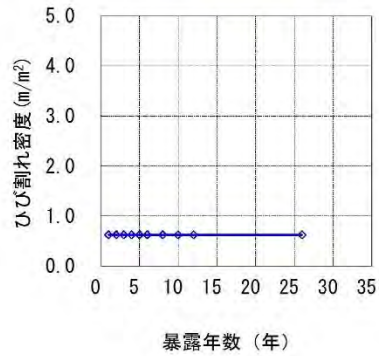
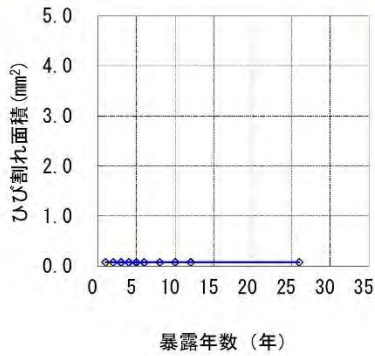
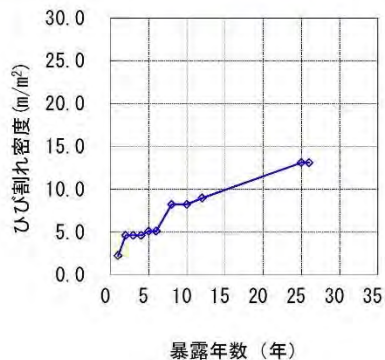
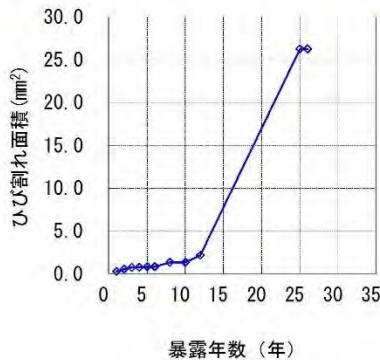
※  : 試験体なし  
 : 調査終了

表-資 3.23 調査結果（その1 A025, A035, A036, A037）

試験体名称	基準系試験体	セメント種類	高炉セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	50%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第3デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	35mm	試験体No.	A025	備考	



試験体名称	基準系試験体	セメント種類	高炉セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	50%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第3デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	50mm	試験体No.	A035	備考	



試験体名称	基準系試験体	セメント種類	普通セメント	塗装種類	—
形状寸法	300×300×2000	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	70mm	試験体No.	A036, A037	備考	

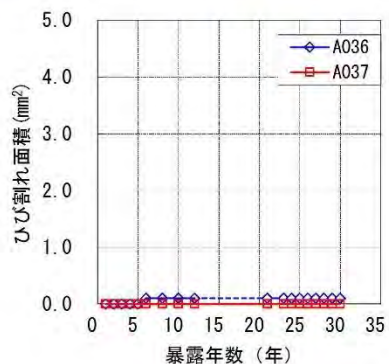
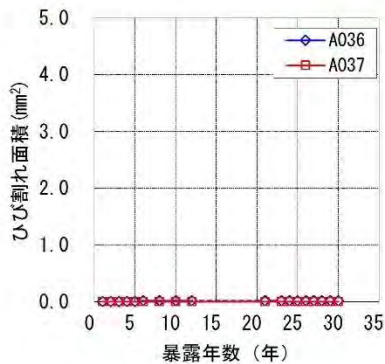
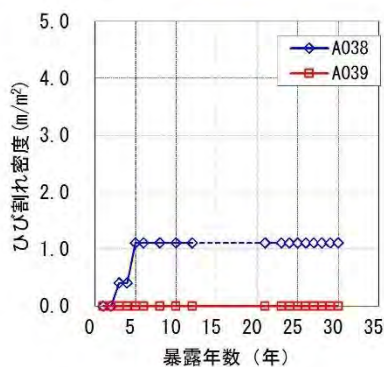
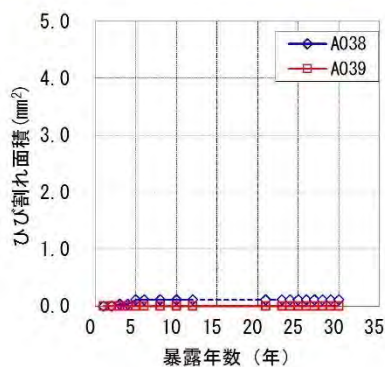
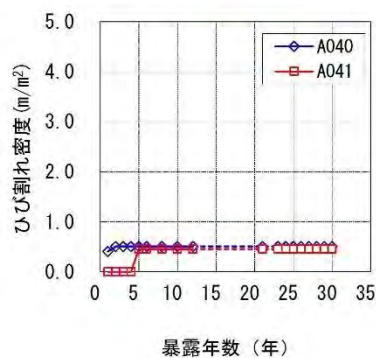
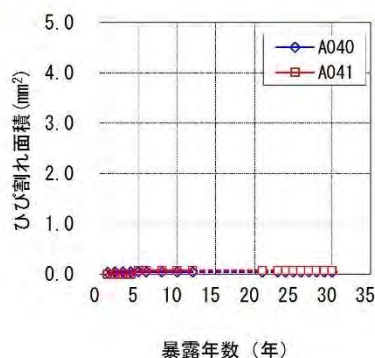


表-資 3.24 調査結果（その2 A038, A039, A040, A041, A042, A043）

試験体名称	基準系試験体	セメント種類	普通セメント	塗装種類	—
形状寸法	300×300×2000	水セメント比	50%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	70mm	試験体No.	A038, A039	備考	



試験体名称	基準系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	300×300×2000	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第3デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	70mm	試験体No.	A040, A041	備考	



試験体名称	基準系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	300×300×2000	水セメント比	50%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	70mm	試験体No.	A042, A043	備考	

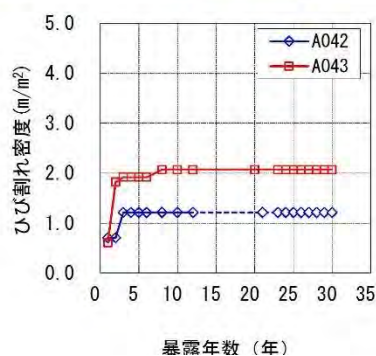
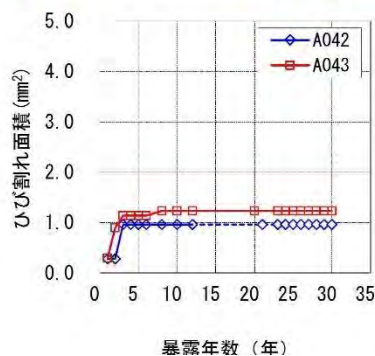
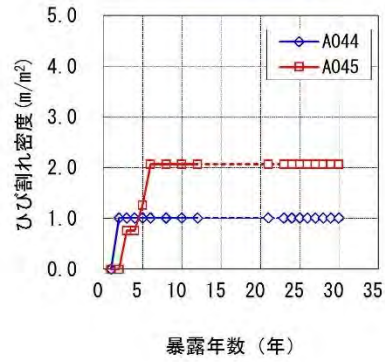
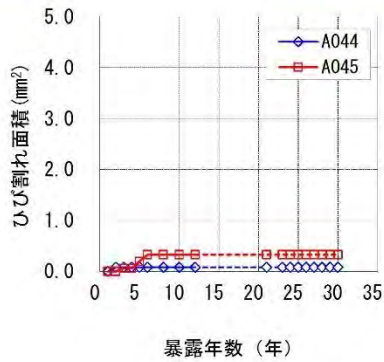
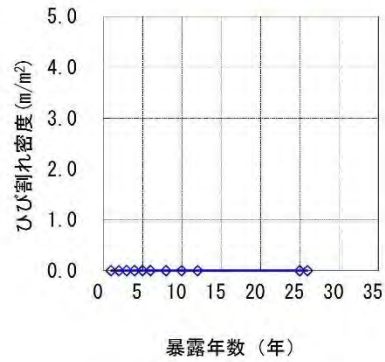
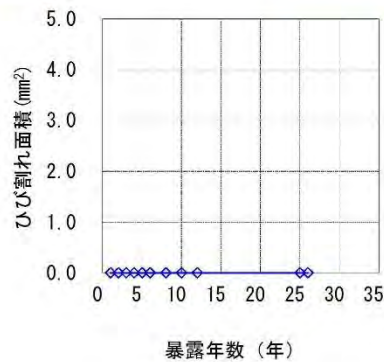


表-資 3.25 調査結果（その3 A044, A045, B002, B006）

試験体名称	基準系試験体	セメント種類	高炉セメント	塗装種類	—
形状寸法	300×300×2000	水セメント比	50%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	70mm	試験体No.	A044, A045	備考	



試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	エポキシ塗装1
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第3デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	25mm	試験体No.	B002	備考	



試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	エポキシ塗装3
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第3デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	25mm	試験体No.	B006	備考	

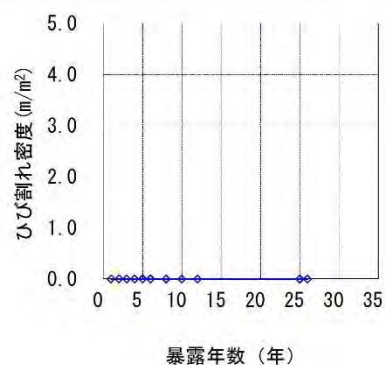
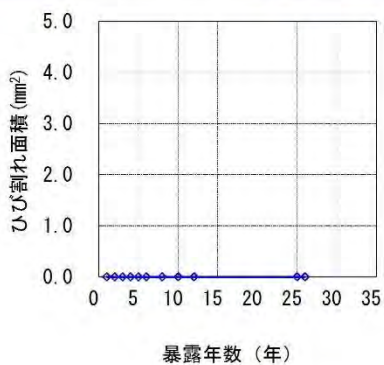
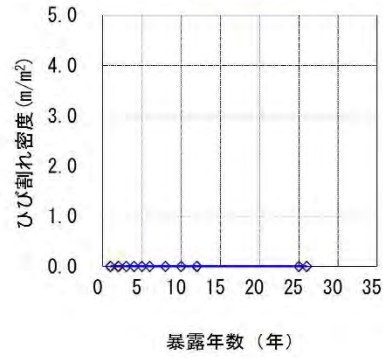
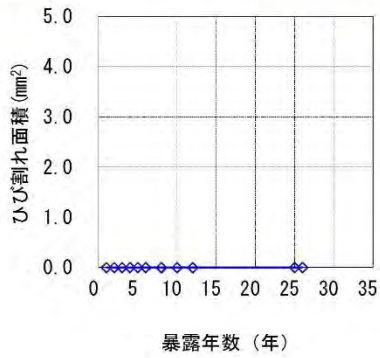


表-資 3.26 調査結果（その4 B010, B019）

試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	亜鉛めっき
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第3デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	50mm	試験体No.	B010	備考	



試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	A種エポキシ
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	25mm	試験体No.	B019	備考	

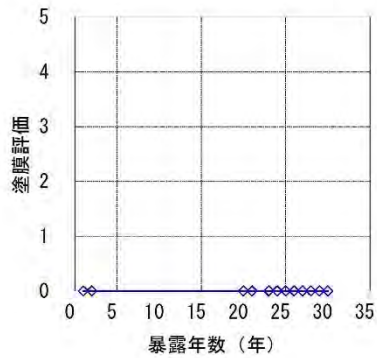
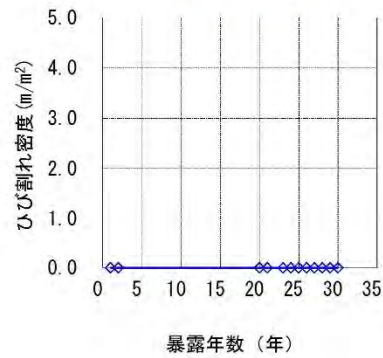
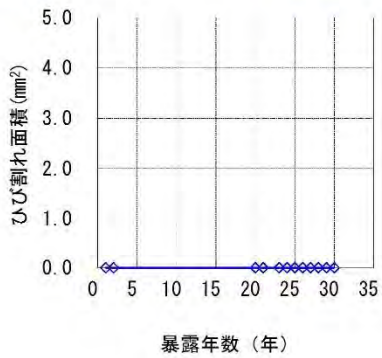


表-資 3.27 調査結果（その5 B022）

試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	B種柔軟エポキシ
試験体構造	RC	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	25mm	試験体No.	B022	備考	

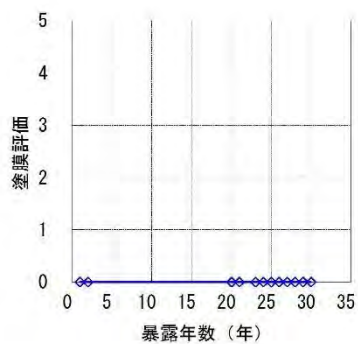
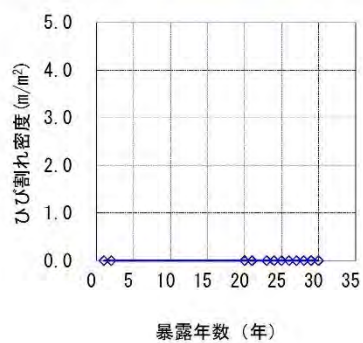
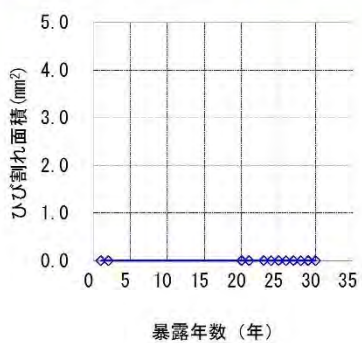
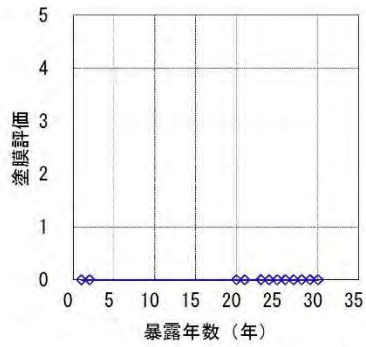
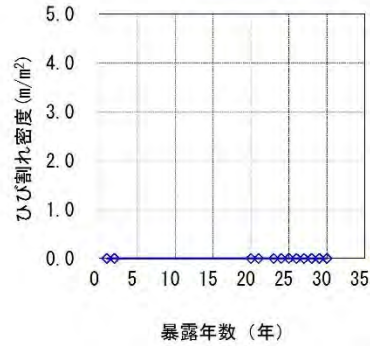
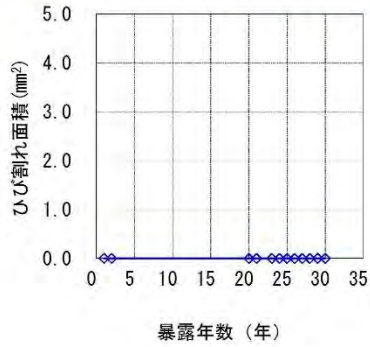


表-資 3.28 調査結果（その6 B025, B054）

試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	B種柔軟ウレタン
試験体構造	RC	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	25mm	試験体No.	B025	備考	



試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	シリコン系
かぶり	25mm	試験体No.	B054	備考	

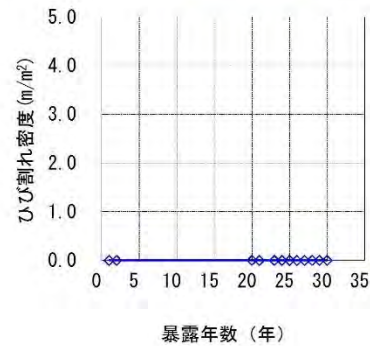
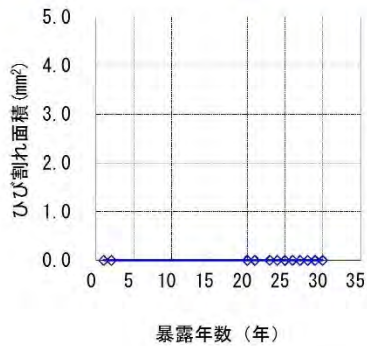
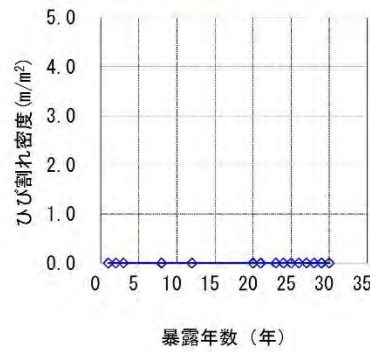
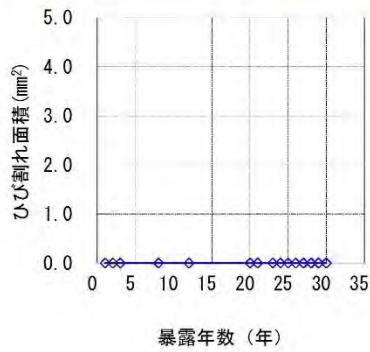
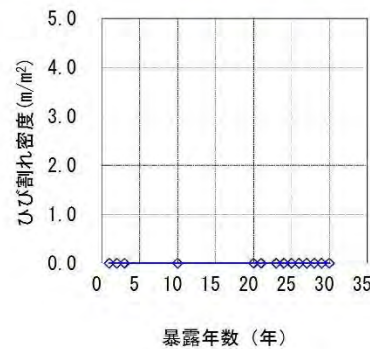
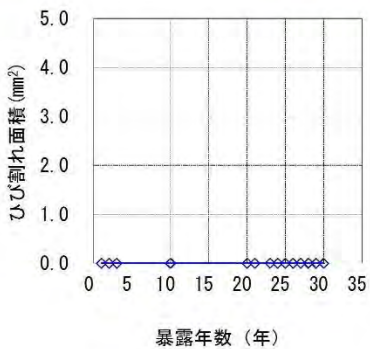


表-資 3.29 調査結果（その7 B057, B060, B063）

試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	アクリル系
かぶり	25mm	試験体No.	B057	備考	



試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	シリコン系
かぶり	25mm	試験体No.	B060	備考	



試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	有機無機複合
かぶり	25mm	試験体No.	B063	備考	

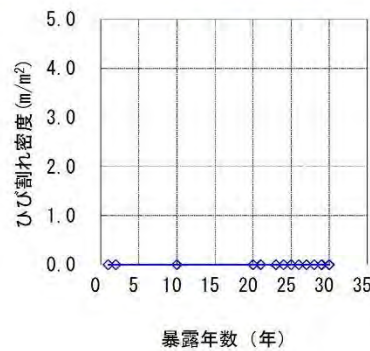
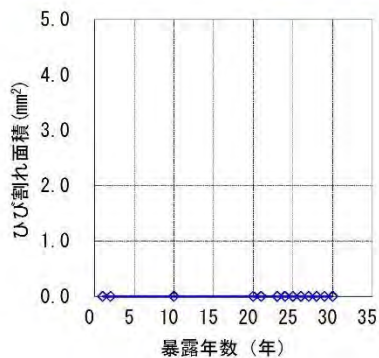
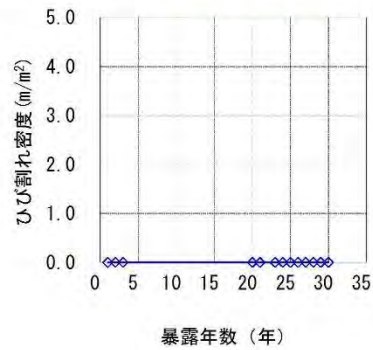
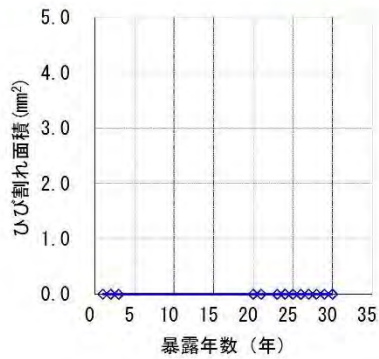


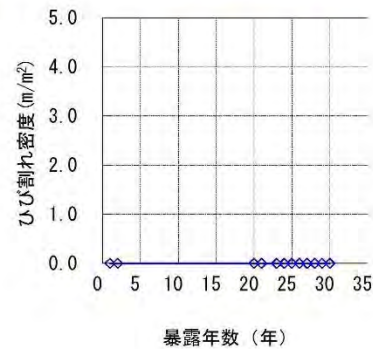
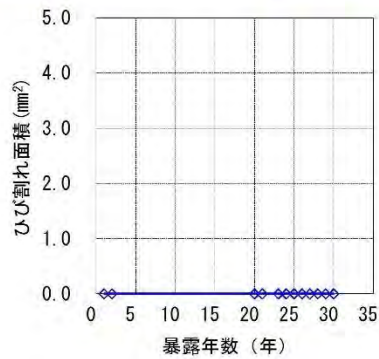


表-資 3.30 調査結果（その8 B066, B069, B094）

試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	アクリル系
かぶり	25mm	試験体No.	B066	備考	



試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	ビニルエステル系
かぶり	25mm	試験体No.	B069	備考	



試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	ポリエステル系
かぶり	25mm	試験体No.	B094	備考	

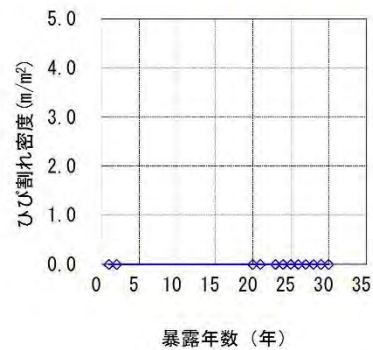
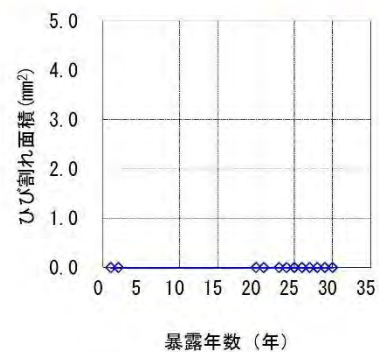
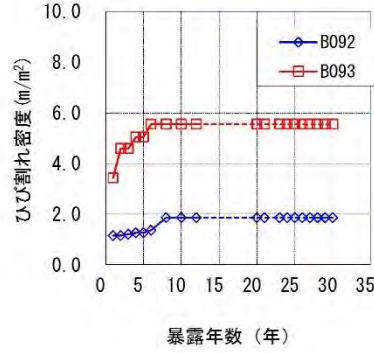
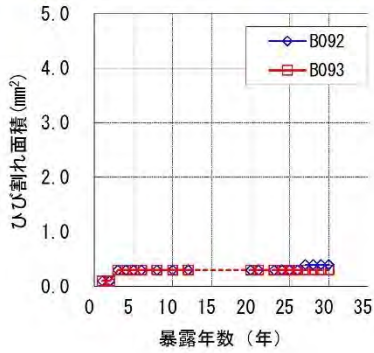


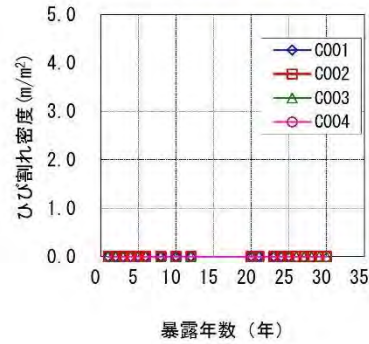
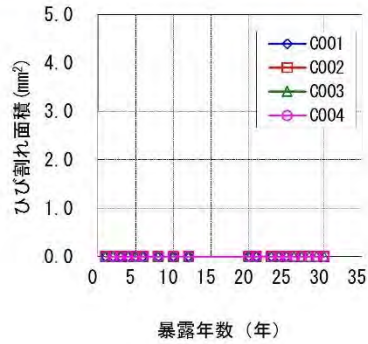
表-資 3.31 調査結果

(その9 B092, B093, C001, C002, C003, C004, C005, C006, C007, C008)

試験体名称	防食処理系試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	エポキシ塗装
形状寸法	300×300×2000	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(ポストテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	35mm	試験体No.	B092, B093	備考	ポリエチレンシース



試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	25mm	試験体No.	C001~C004	備考	



試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	300×300×2000	水セメント比	40%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(ポストテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	35mm	試験体No.	C005~C008	備考	

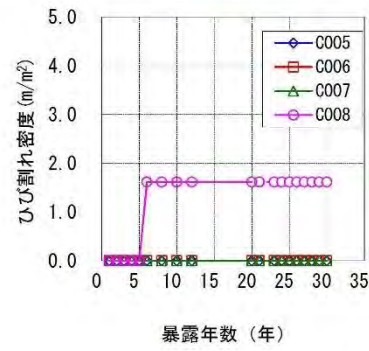
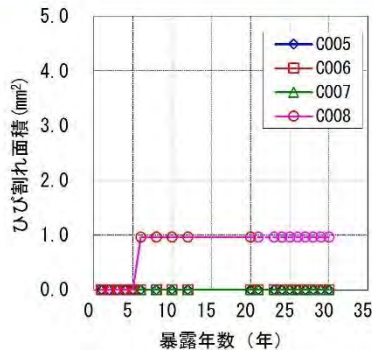
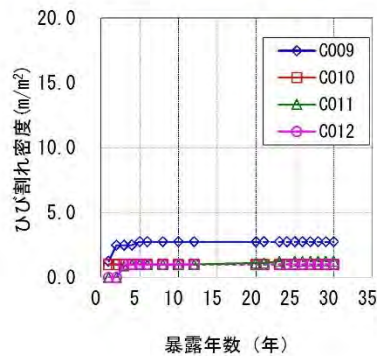
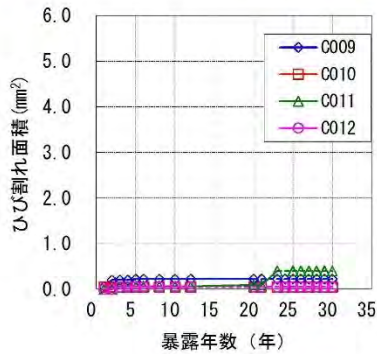


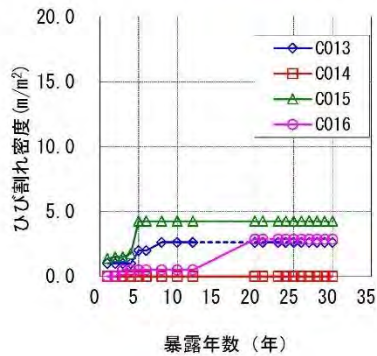
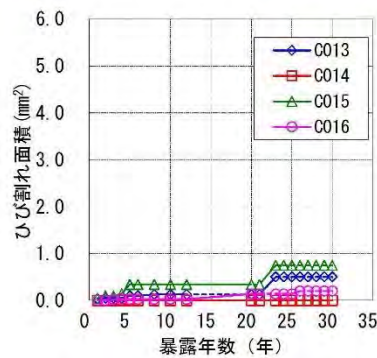
表-資 3.32 調査結果

(その 10 C009, C010, C011, C012, C013, C014, C015, C016, C017, C018, C019, C020)

試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	普通セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	50%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	35mm	試験体No.	C009～C012	備考	鉄筋引張力 80N/mm <sup>2</sup>



試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	普通セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	50%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	35mm	試験体No.	C013～C016	備考	鉄筋引張力 100N/mm <sup>2</sup>



試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	普通セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	50%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	35mm	試験体No.	C017～C020	備考	鉄筋引張力 120N/mm <sup>2</sup>

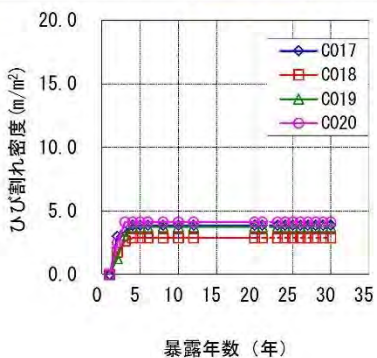
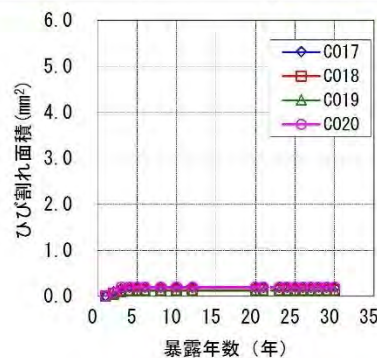
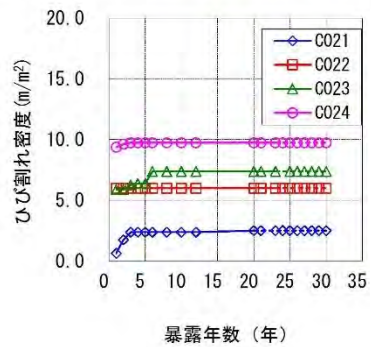
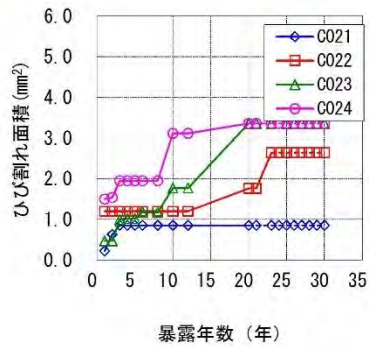
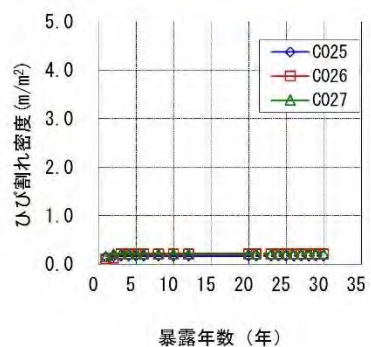
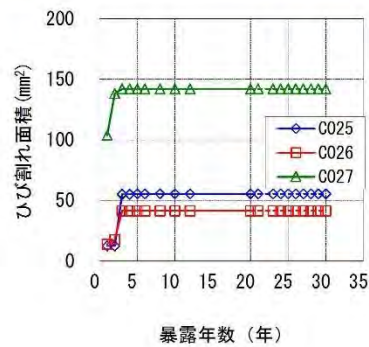


表-資 3.33 調査結果（その 10 C021, C022, C023, C024, C025, C026, C027, C028）

試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	普通セメント	塗装種類	—
形状寸法	200×200×1200	水セメント比	50%	コンクリート塗装	—
試験体構造	RC	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	35mm	試験体No.	C021～C024	備考	鉄筋引張力 140N/mm <sup>2</sup>



試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	750×350×600×5000	水セメント比	38%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	25mm	試験体No.	C025～C027	備考	T桁(5316型)



試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	600×700×400×5000	水セメント比	38%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	35mm	試験体No.	C028	備考	スラブ桁

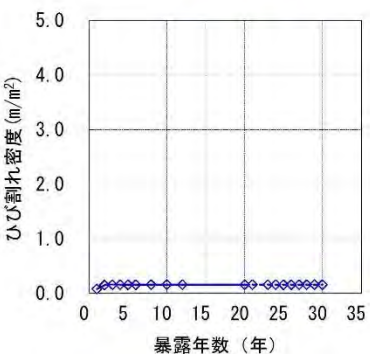
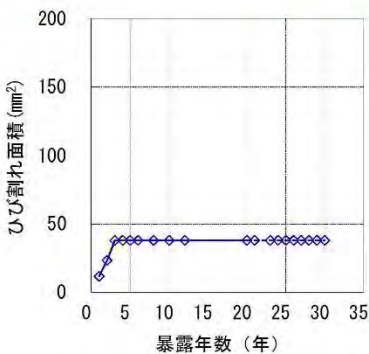
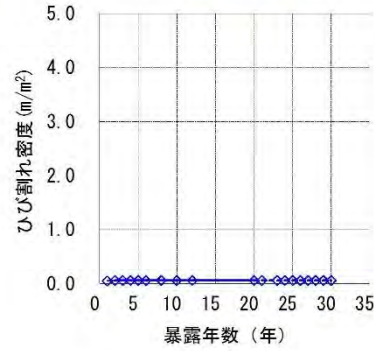
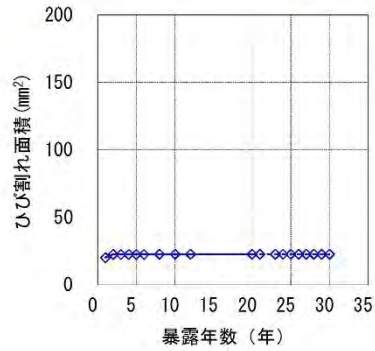
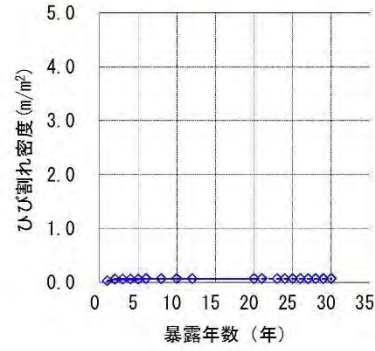
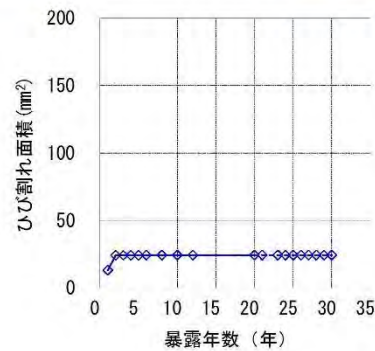


表-資 3.34 調査結果 (その10 C029, C030)

試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	1200×350×800×5000	水セメント比	38%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(プレテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	50mm	試験体No.	C029	備考	T桁(ST型)



試験体名称	腐食調査試験体	セメント種類	早強セメント	塗装種類	—
形状寸法	1200×350×800×5000	水セメント比	45%	コンクリート塗装	—
試験体構造	PC(ポストテンション)	暴露位置	第2デッキ	含浸系塗装	—
かぶり	70mm	試験体No.	C030	備考	T桁(ST型)



< 損傷図 >

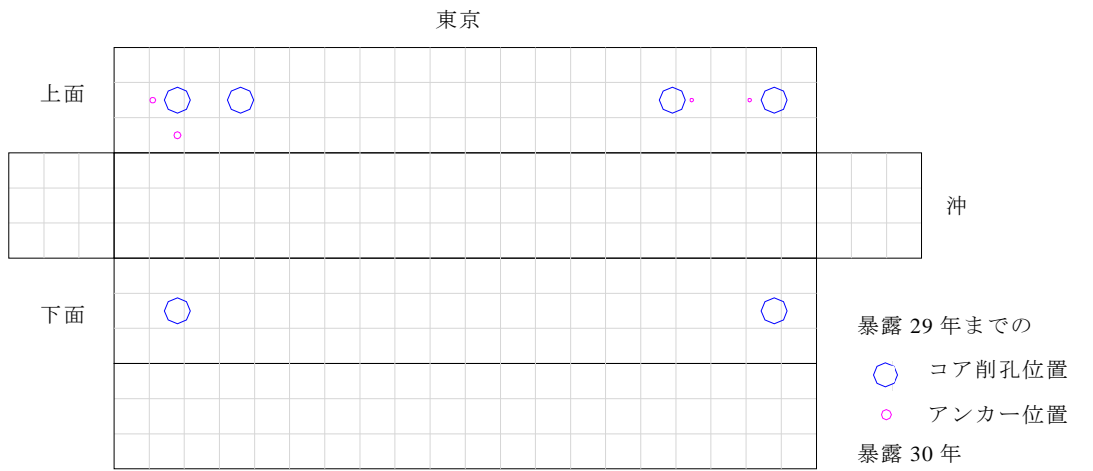


図-資 3.1 A036 供試体

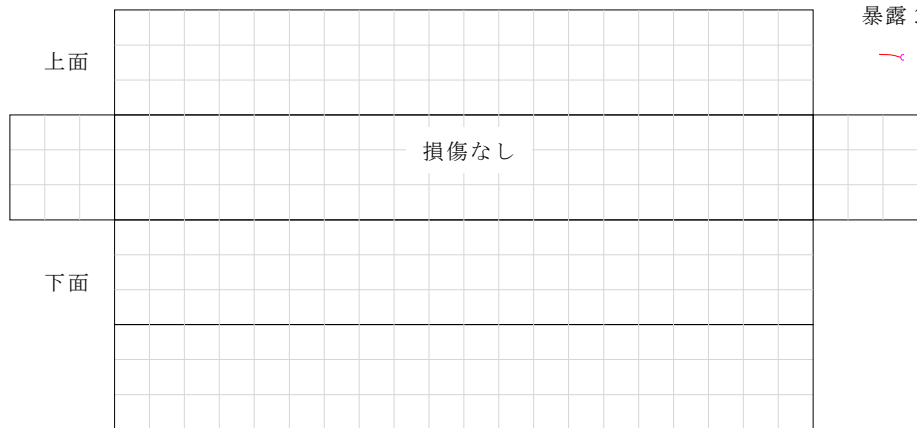


図-資 3.2 A037 供試体

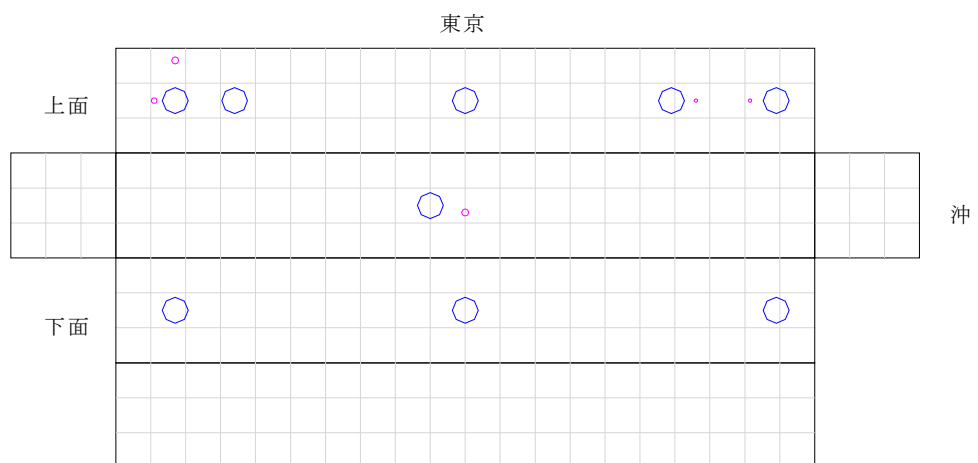


図-資 3.3 A038 供試体

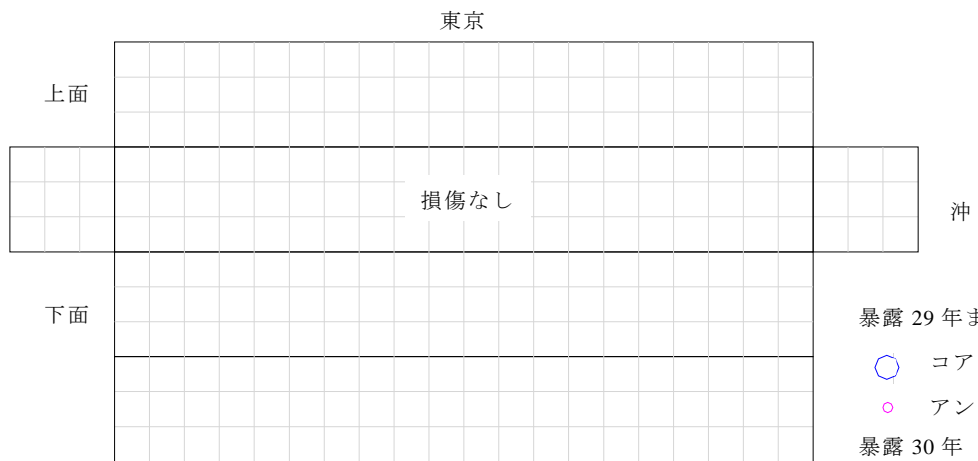


図-資 3.4 A039 供試体

暴露 29 年までの

○ コア削孔位置

○ アンカー位置

暴露 30 年

● コア削孔位置

○ アンカー位置

暴露 30 年で確認した

ひび割れ

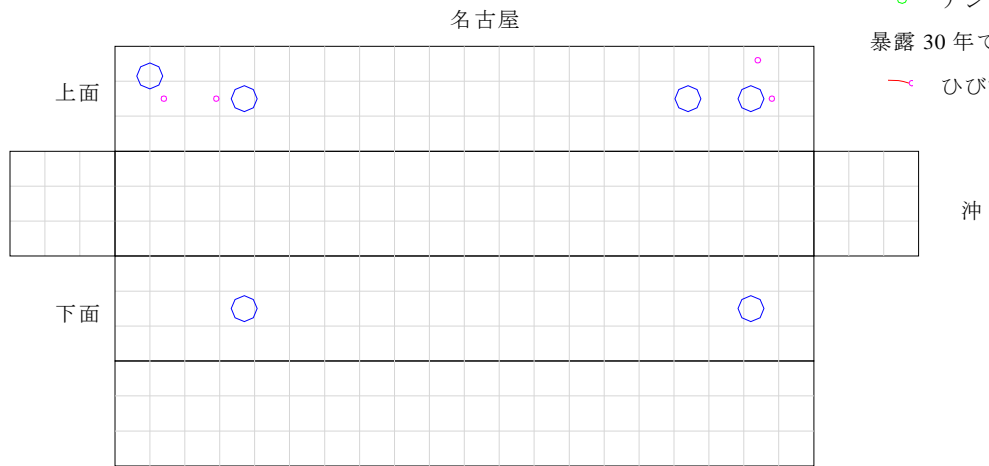


図-資 3.5 A040 供試体

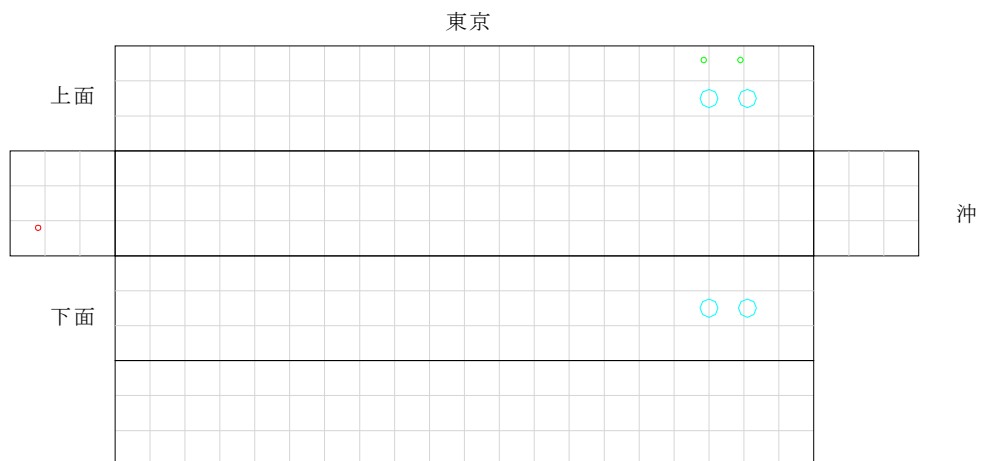


図-資 3.6 A041 供試体

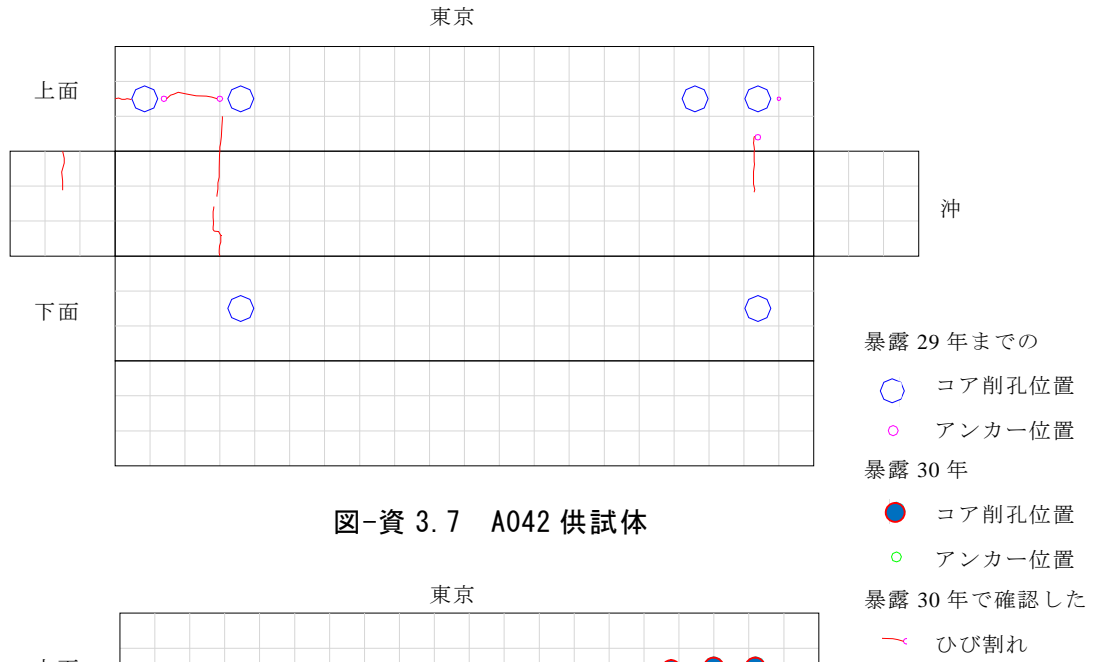


図-資 3.7 A042 供試体

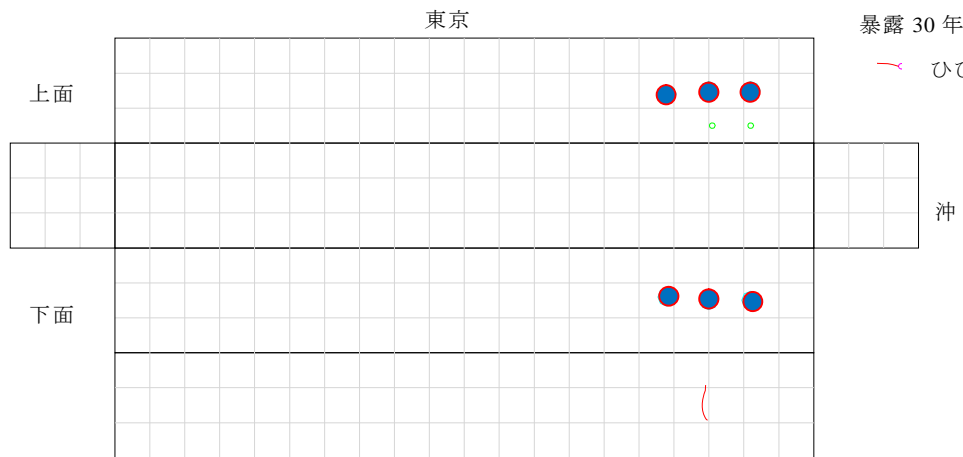


図-資 3.8 A043 供試体

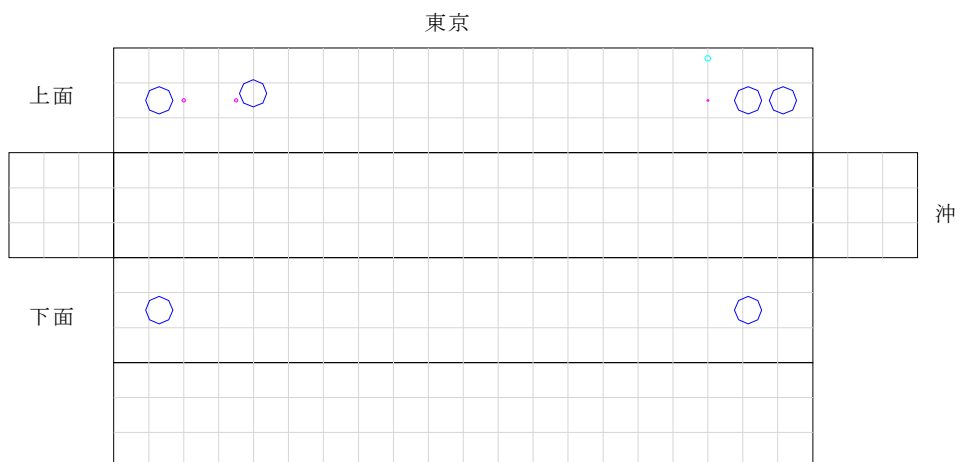


図-資 3.9 A044 供試体



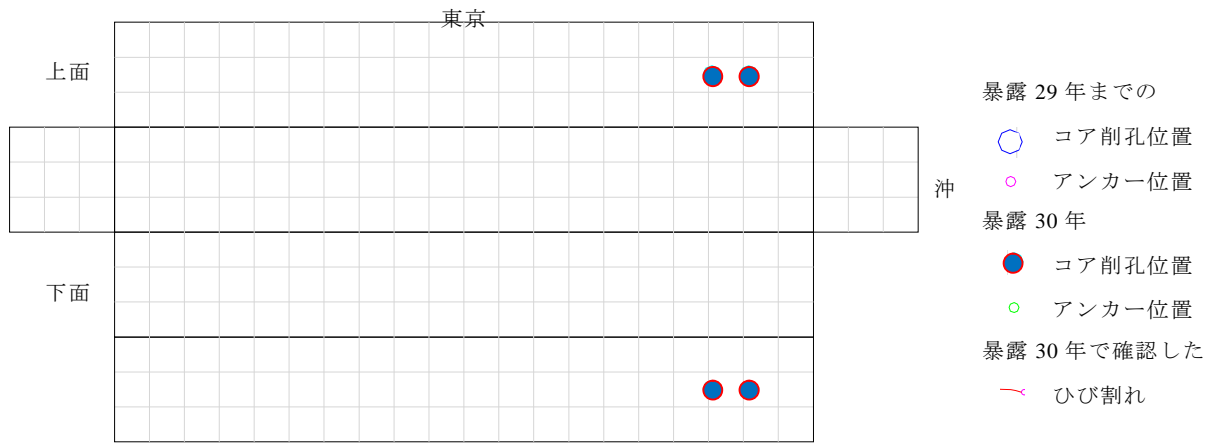


図-資 3.10 A045 供試体

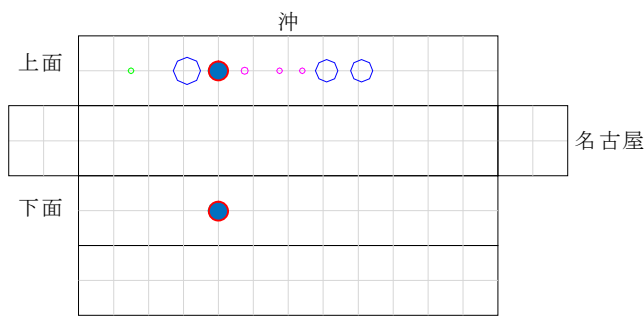


図-資 3.11 B019 供試体

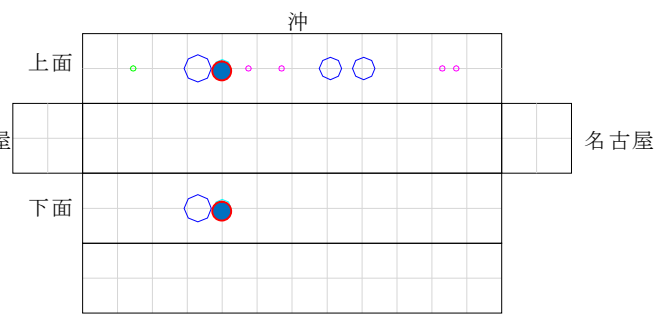


図-資 3.12 B022 供試体

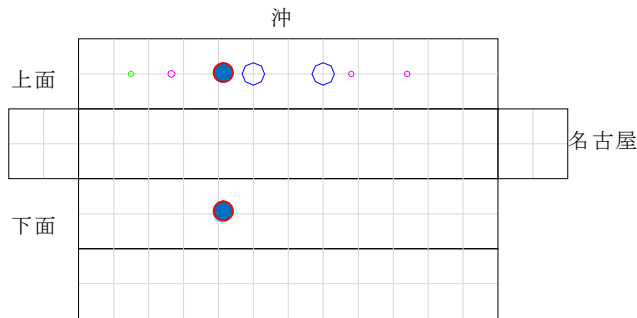


図-資 3.13 B025 供試体

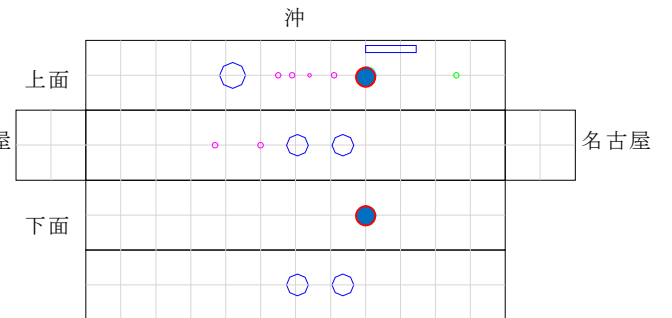


図-資 3.14 B054 供試体

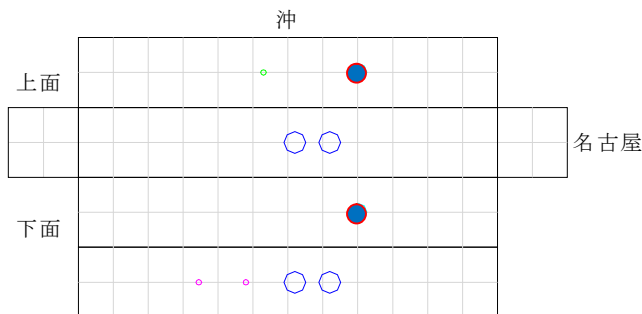


図-資 3.15 B057 供試体

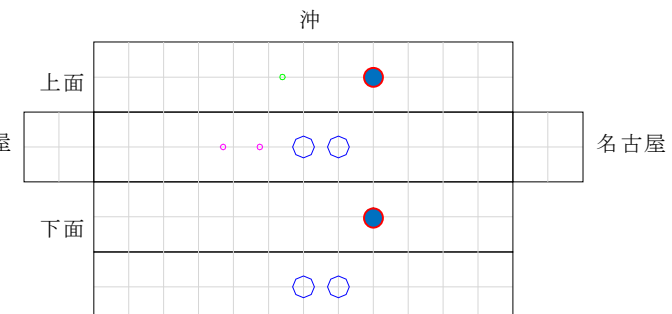


図-資 3.16 B060 供試体

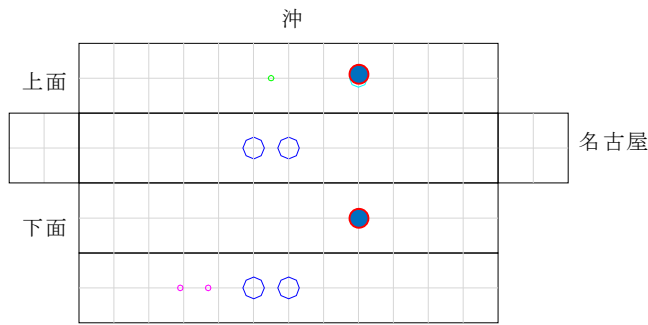


図-資 3.17 B063 供試体

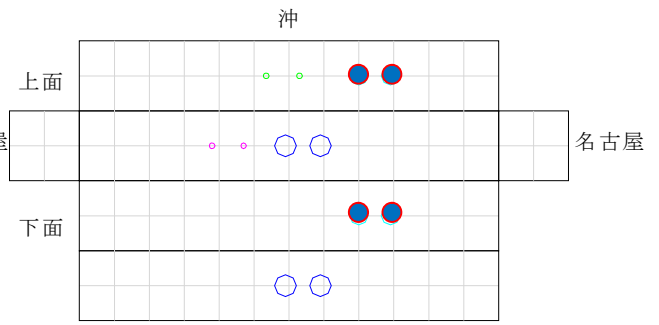


図-資 3.18 B066 供試体

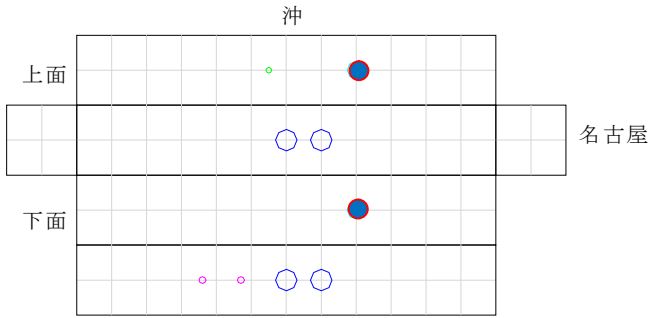


図-資 3.19 B069 供試体

- 暴露 29 年までの
- コア削孔位置
- アンカー位置
- 暴露 30 年
- コア削孔位置
- アンカー位置
- 暴露 30 年で確認した
- ひび割れ

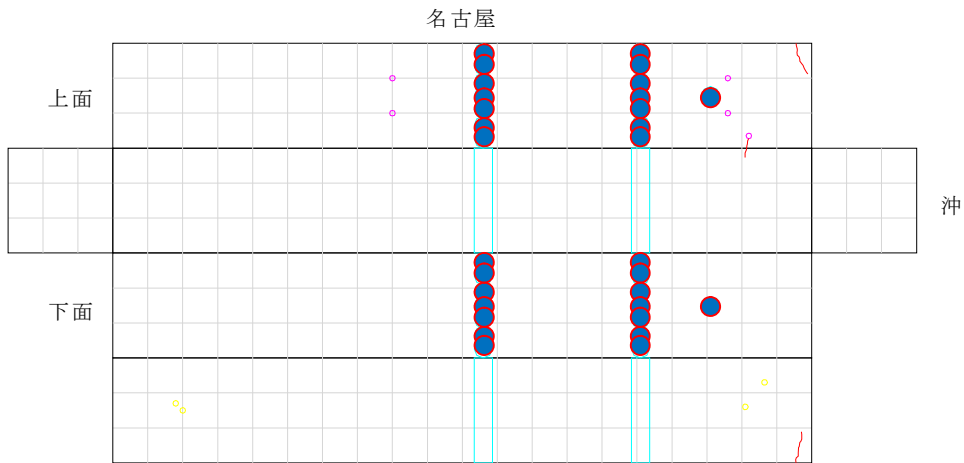


図-資 3.20 B092 供試体

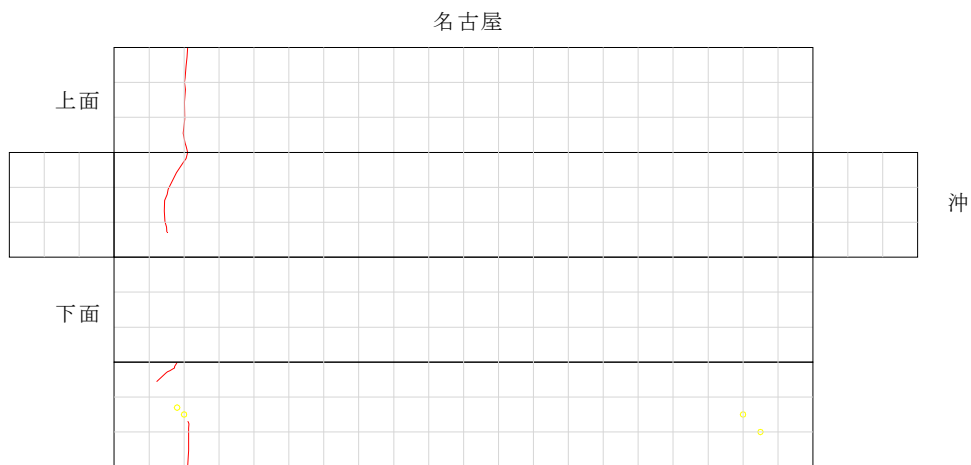


図-資 3.21 B093 供試体

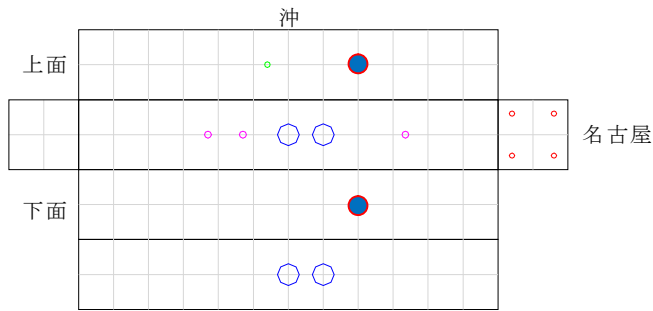


図-資 3.22 B094 供試体

- 暴露 29 年までの
- コア削孔位置
  - アンカー位置
- 暴露 30 年
- コア削孔位置
  - アンカー位置
- 暴露 30 年で確認した
- ひび割れ

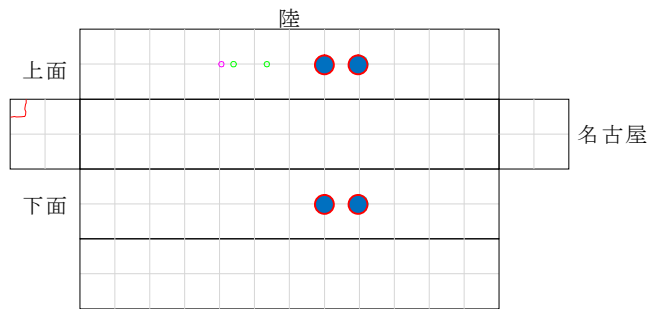


図-資 3.23 C002 供試体

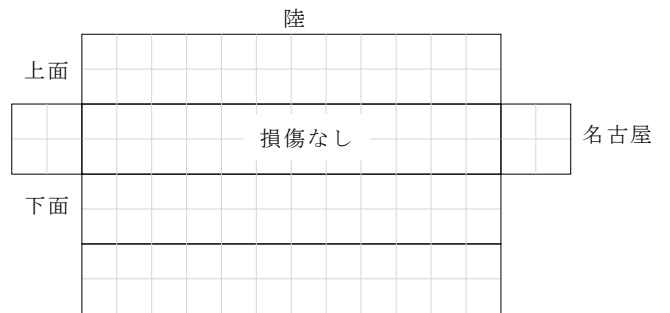


図-資 3.24 C003 供試体



図-資 3.25 C004 供試体

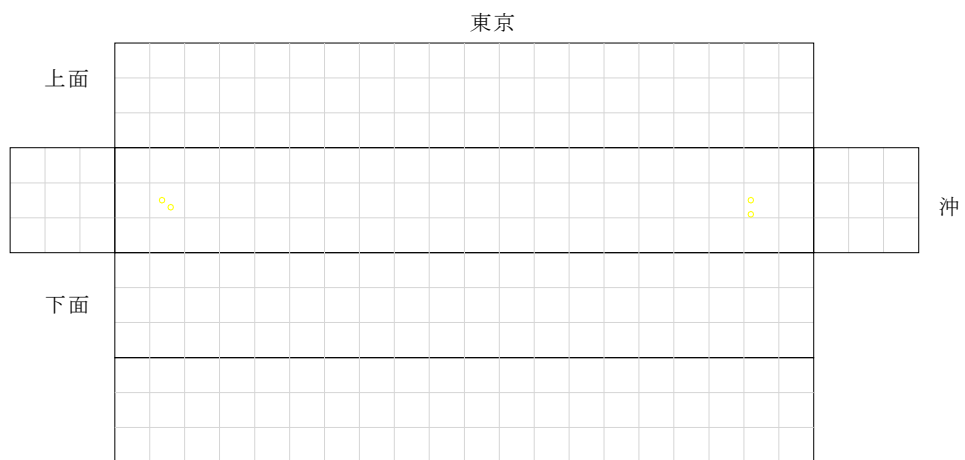


図-資 3.26 C005 供試体

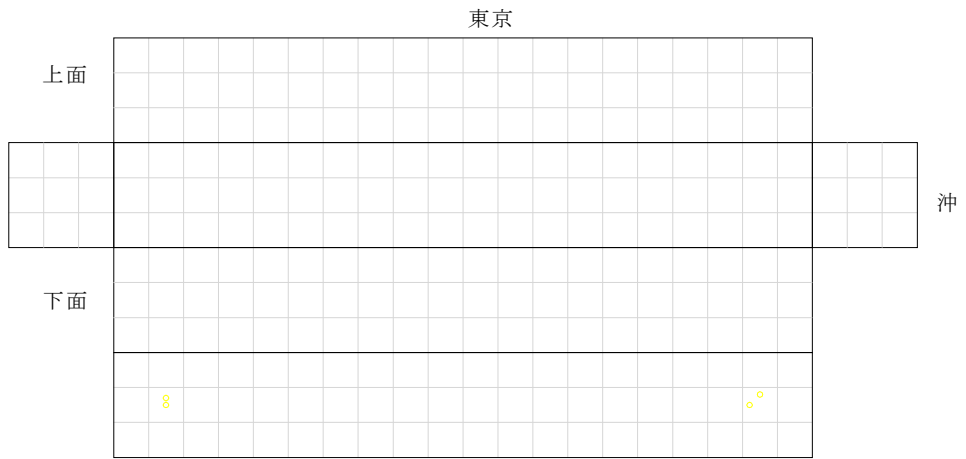


図-資 3.27 C006 供試体

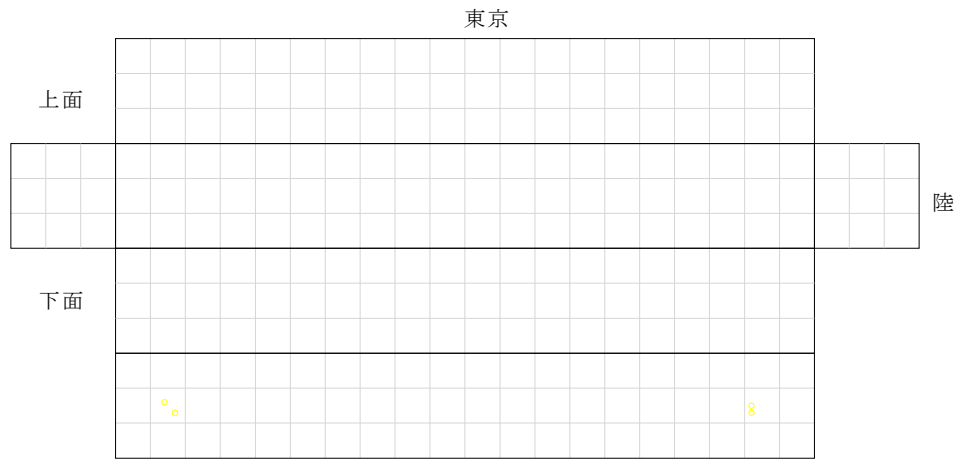


図-資 3.28 C007 供試体

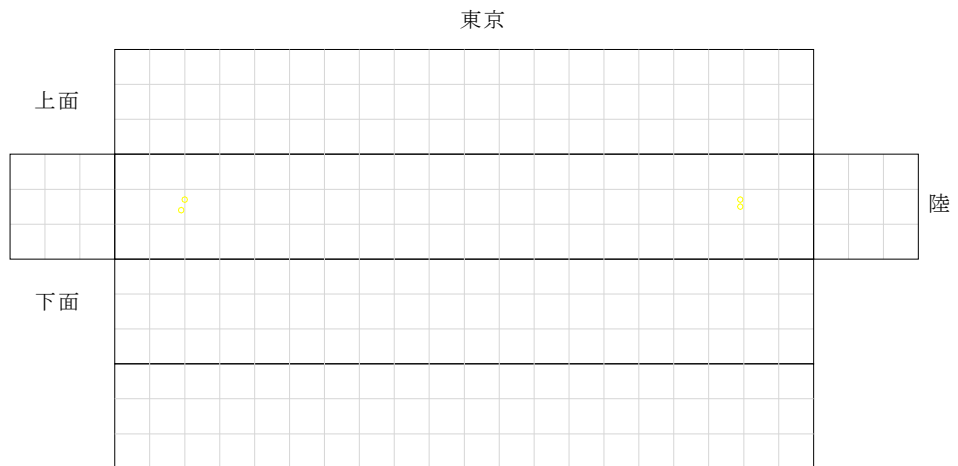


図-資 3.29 C008 供試体

- |            |          |              |
|------------|----------|--------------|
| 暴露 29 年までの | 暴露 30 年  | 暴露 30 年で確認した |
| ○ コア削孔位置   | ● コア削孔位置 | ひび割れ         |
| ○ アンカー位置   | ○ アンカー位置 |              |



図-資 3.30 C009 供試体

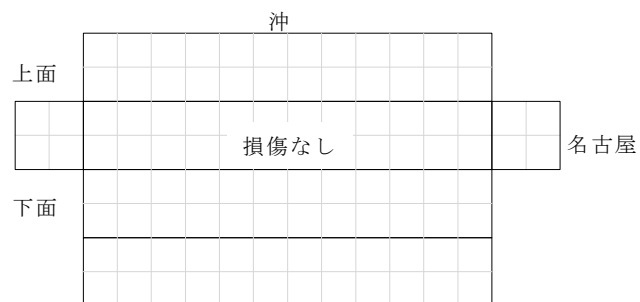


図-資 3.31 C010 供試体



図-資 3.32 C011 供試体

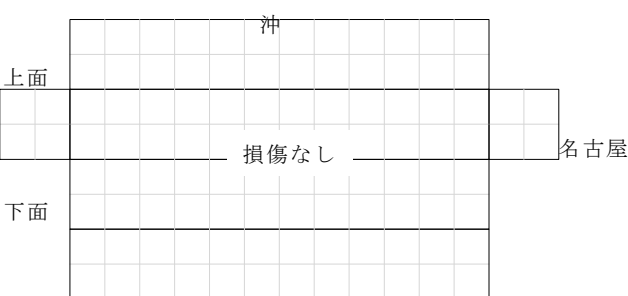


図-資 3.33 C012 供試体

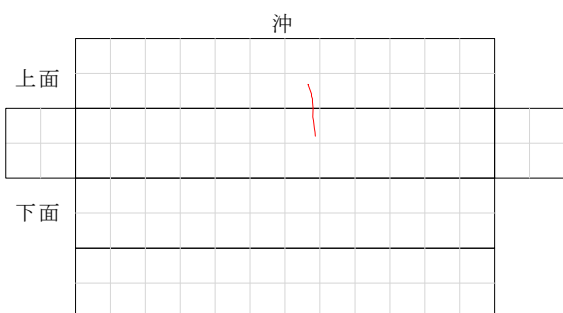


図-資 3.34 C013 供試体

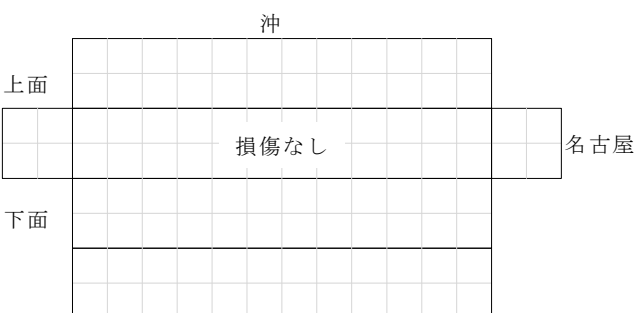


図-資 3.35 C014 供試体

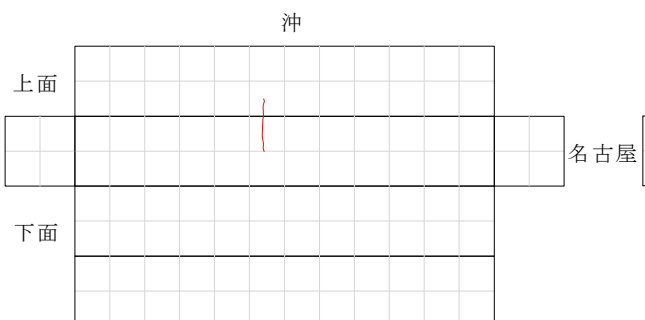


図-資 3.36 C015 供試体

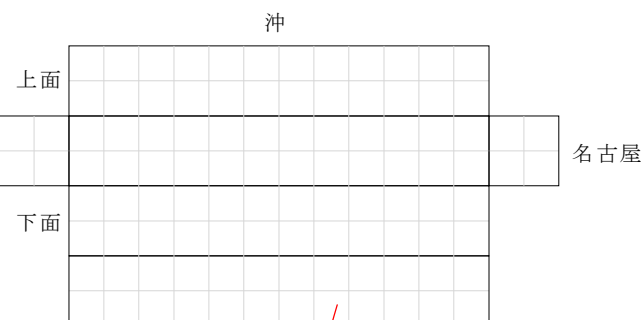


図-資 3.37 C016 供試体

- |            |          |              |
|------------|----------|--------------|
| 暴露 29 年までの | 暴露 30 年  | 暴露 30 年で確認した |
| ○ コア削孔位置   | ● コア削孔位置 | ひび割れ         |
| ○ アンカー位置   | ○ アンカー位置 |              |

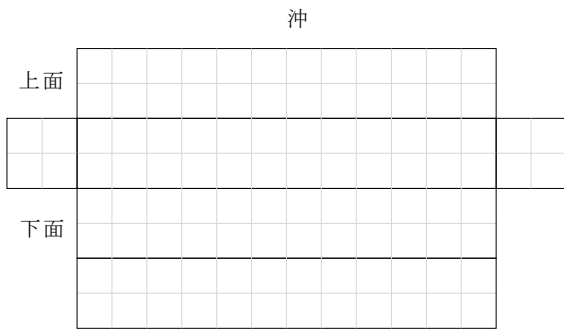


図-資 3.38 C017 供試体

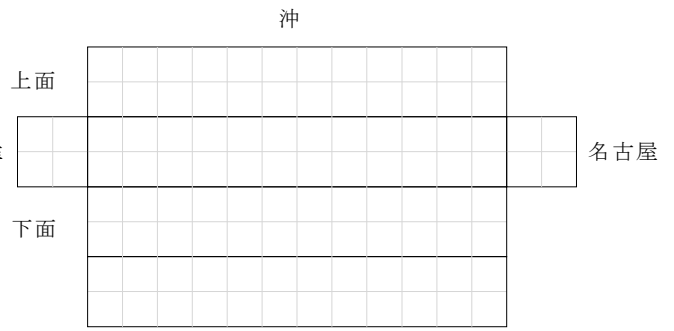


図-資 3.39 C018 供試体

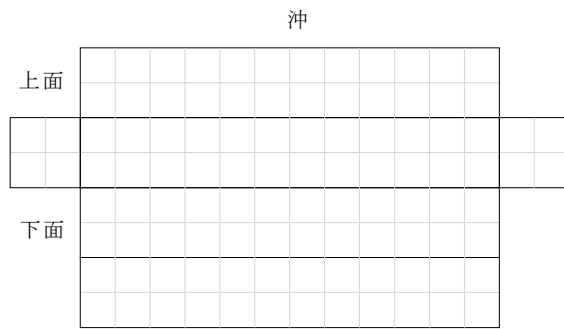


図-資 3.40 C019 供試体

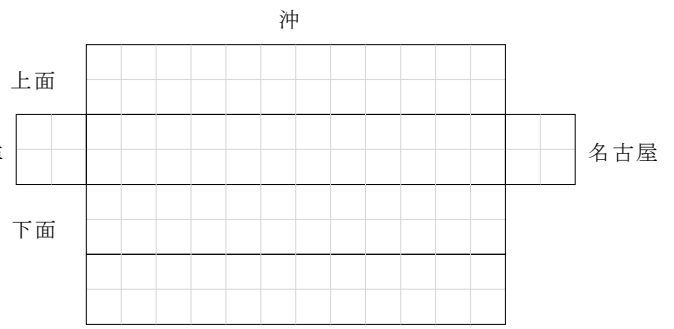


図-資 3.41 C020 供試体

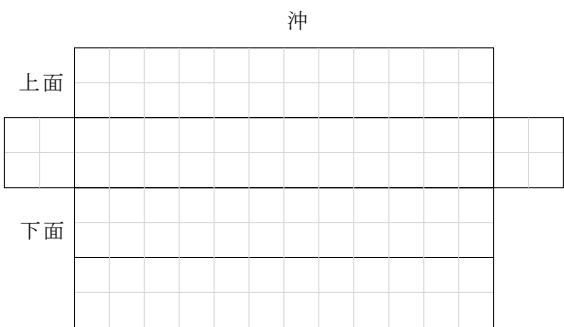


図-資 3.42 C021 供試体

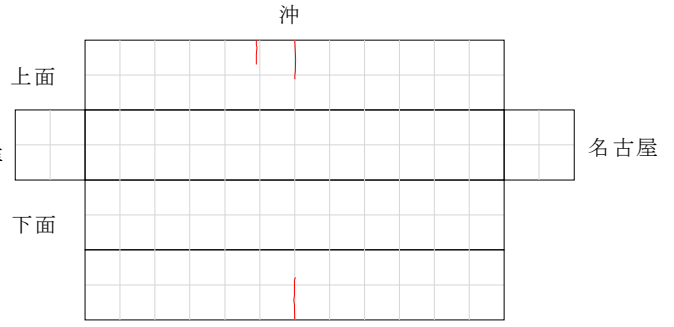


図-資 3.43 C022 供試体

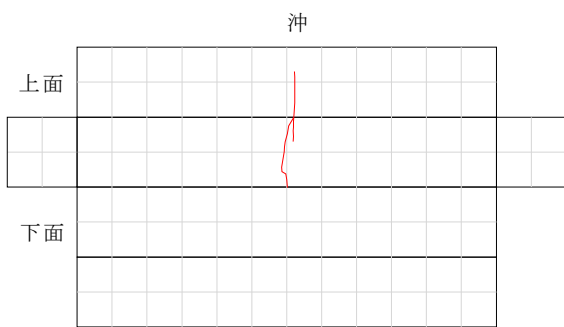


図-資 3.44 C023 供試体

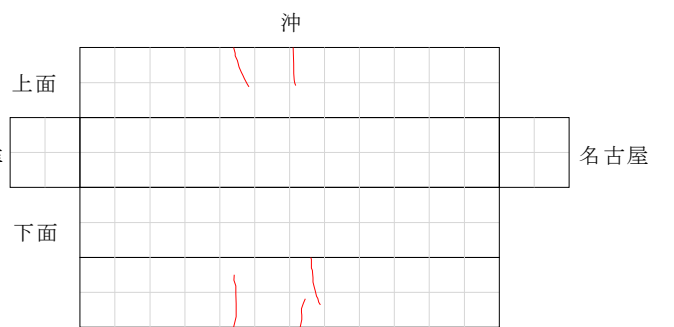


図-資 3.45 C024 供試体

- |            |          |              |
|------------|----------|--------------|
| 暴露 29 年までの | 暴露 30 年  | 暴露 30 年で確認した |
| ○ コア削孔位置   | ● コア削孔位置 | ひび割れ         |
| ○ アンカー位置   | ○ アンカー位置 |              |

< 暴露状況 >



写真-資 3.1 暴露試験場



写真-資 3.2 暴露状況



写真-資 3.3 暴露状況  
(C025, C026, C027)



写真-資 3.4 暴露状況  
(C025, C026, C027, C028)

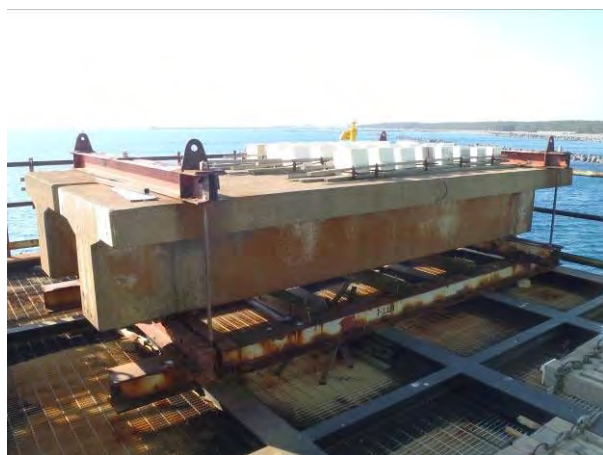


写真-資 3.5 暴露状況  
(C029, C030)



写真-資 3.6 暴露状況  
(B019, B022, B025, B054, A044, B092)



写真-資 3.7 暴露状況  
(B057, B060, B063, B066, A042, A046)



写真-資 3.8 暴露状況  
(C002, C003, C004, C007, C008)



写真-資 3.9 暴露状況  
(B094, B069, A036, A038, タミ一 (BBR))



写真-資 3.10 暴露状況  
(C017, C018, C019, C020, C005, C006)



写真-資 3.11 暴露状況  
(C021, C022, C023, C024, A045, B092)





写真-資 3.12 暴露状況  
(C009, C010, C011, C012, A037, A039)



写真-資 3.13 暴露状況  
(C013, C014, C015, C016, A041, A043)

資料-4 試験体の塩分浸透深さ測定結果

# 1. 塩化物イオン濃度の測定値

## 1.1 基準系試験体

番号	試験体 No.	試験体構造	セメントの種類	水セメント比 (%)	かぶり (mm)	暴露デッキ	暴露年	塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )					
								測定位置	コアの切削箇所 (cm)				
									0~2		2~4		4~7 (4~6)
									0~1	1~2	2~3	3~4	
1	A002	プレテンション	普通	40	40	3	10年	上面	8.216	7.639	0.523	0.098	
2								下面	12.207	4.186	1.056	0.009	
3								側面	10.378	2.716	1.502	0.158	
4								側面	14.102	8.412	2.020	0.043	
5	A005	RC	普通	50	50	3	10年	下東	11.563	7.148	2.740	0.810	
6								下西	13.210	7.962	4.825	0.687	
7								横東	14.224	6.826	3.805	0.143	
8								横西	11.653	7.504	3.016	0.780	
9	A008	プレテンション	早強	40	40	3	10年	上面	4.888	1.598	0.353	0.071	
10								下面	7.967	1.645	1.105	0.094	
11								側面	9.048	2.961	0.752	0.047	
12								側面	6.698	2.656	0.964	0.071	
13	A011	RC	早強	50	50	3	6年	上面	7.816	5.173	2.516	0.461	
14								下面	10.576	7.506	3.372	0.602	
15								側面	8.206	4.310	2.015	0.636	
16								側面	7.631	6.248	2.517	0.456	
17	A014	RC	高炉	50	50	3	10年	上面	12.811	8.812	3.204	0.262	
18								下面	10.850	8.742	2.042	0.688	
19								側面1	9.870	7.207	1.723	0.461	
20								側面2	10.833	5.706	1.522	0.106	
21	A015						25年	側面1	3.602		0.200	(0.442)	
22								側面2	1.738		0.292	(0.991)	
23	A016	プレテンション	普通	40	35	3	12年	上面	8.930	3.525	0.282	0.071	
24								下面	2.820	0.235	0.188	0.094	
25								側面1	7.990	2.820	0.423	0.094	
26								側面2	11.985	4.935	0.893	0.141	
27							14年	上面	5.266	2.937	0.490	0.128	
28								下面	7.800	3.236	0.669	0.086	
29								側面1	11.767	4.975	1.075	0.333	
30								側面2	14.700	5.027	1.120	0.015	
31	A020	プレテンション	早強	40	35	3	14年	上面	16.725	5.900	0.988	0.189	
32								下面	7.336	3.720	0.975	0.152	
33								側面1	9.247	4.604	1.148	0.088	
34								側面2	4.236	2.118	1.359	0.300	
35	A022	RC	早強	50	35	3	12年	上面	8.225	7.050	3.525	0.588	
36								下面	13.160	10.810	6.815	1.034	
37								側面1	8.695	7.285	4.935	0.494	
38								側面2	9.165	8.460	5.875	1.786	
39							14年	上面	8.450	7.334	3.468	0.704	
40								下面	9.092	8.172	3.796	0.891	
41								側面1	7.071	8.885	6.308	1.919	
42								側面2	10.282	8.008	4.257	1.086	
43	A023						12年	上面	8.225	7.050	3.525	0.588	
44								下面	13.160	10.810	6.815	1.034	
45								側面1	8.695	7.285	4.935	0.494	
46								側面2	9.165	8.460	5.875	1.786	
47	A026	プレテンション	普通	40	50	3	14年	上面	9.959	1.237	0.462	0.071	
48								下面	10.232	4.927	0.804	0.123	
49								側面1	11.655	5.174	1.082	0.180	
50								側面2	13.032	4.344	0.812	0.217	

セルは暴露25年および30年の測定結果（31年の追加調査も含む）

沖1<sup>\*\*</sup>、沖2<sup>\*\*</sup>：試験体下面からの測定値（沖1・沖2は鉛直方向にコア抜きした試料の上面からの測定値）

1.1 基準系試験体

番号	試験体 No.	試験体構造	セメントの種類	水セメント比 (%)	かぶり (mm)	暴露デッキ	暴露年	塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )					
								測定位置	コアの切削箇所 (cm)				
									0~2		2~4		4~7 (4~6)
									0~1	1~2	2~3	3~4	
51	A028	RC	普通	50	50	3	14年	上面	8.598	7.851	4.156		0.797
52								下面	9.407	8.459	4.543		0.900
53								側面1	12.709	8.112	3.377		0.618
54								側面2	6.518	6.360	2.880		0.990
55	A029	RC	普通	50	50	3	12年	上面	14.570	7.990	3.290		0.588
56								下面	11.515	7.990	3.525		0.752
57								側面1	7.755	4.465	7.974		0.682
58								側面2	10.575	6.345	2.115		1.645
59	A030	プレテンション	早強	40	50	3	14年	上面	10.249	4.578	1.159		0.580
60								下面	6.919	6.353	2.415		0.583
61								側面1	5.267	5.265	2.209		0.630
62								側面2	6.458	7.170	3.617		0.838
63	A032	RC	早強	50	50	3	14年	上面	10.197	7.965	4.680		1.036
64								下面	5.695	4.515	2.803		1.007
65								側面1	7.133	7.234	4.876		1.281
66								側面2	11.417	9.316	5.054		1.830
67	A034	RC	高炉	50	50	3	12年	上面	12.455	8.930	1.622		0.353
68								下面	12.455	7.285	1.410		0.447
69								側面1	12.690	8.930	2.350		0.729
70								側面2	7.285	4.935	1.387		0.893
71							14年	上面	7.290	8.517	2.307		0.052
72								下面	11.813	9.416	2.836		0.105
73								側面1	5.324	7.156	1.415		0.067
74								側面2	9.780	8.947	2.116		0.050
75	A036	プレテンション	普通	40	70	2	10年	上北	2.292	0.571	0.155		0.083
76								上南	3.502	1.122	0.317		0.300
77	A037	プレテンション	普通	40	70	2	30年	沖1	4.751	0.510	0.117	0.093	-
78								沖2	7.740	1.246	0.127	0.108	-
79	A038	RC	普通	50	70	2	10年	上北	2.026	0.881	0.137		0.192
80								上南	1.568	0.909	0.195		0.090
81	A039	RC	普通	50	70	2	30年	沖1	4.071	4.040	1.561	0.421	-
82								沖2	4.034	3.278	1.413	0.606	-
83								沖1 <sup>**</sup>	3.160	-	-	-	-
84								沖2 <sup>**</sup>	0.392	0.123	0.116		0.084
85	A040	プレテンション	早強	40	70	2	10年	上北	0.640	0.955	0.158		0.245
86								上南	1.701	1.015	0.090		0.544
87	A041	RC	早強	50	70	2	30年	沖1	8.360	3.491	0.782	0.227	-
88								沖2	7.840	1.875	0.617	0.235	-
89	A042	RC	早強	50	70	2	10年	上北	4.206	2.911	0.828		0.059
90								上南	1.823	0.626	0.150		0.101
91	A043	RC	早強	50	70	2	30年	沖1	4.264	5.326	2.877	1.347	-
92								沖2	2.908	2.029	0.875	0.540	-
93								沖1 <sup>**</sup>	1.525	2.331	0.976		0.763
94	A044	RC	高炉	50	70	2	10年	上北	3.720	3.178	0.227		0.102
95								上南	2.980	1.181	0.150		0.077
96	A045	RC	高炉	50	70	2	30年	沖1	2.258	2.885	1.226	0.371	-
97								沖2	1.310	3.021	1.955	0.626	-
98								沖1 <sup>**</sup>	1.632	5.193	1.869		0.439
99								沖2 <sup>**</sup>	2.256	-	-	-	-

セルは暴露25年および30年の測定結果（31年の追加調査も含む）

沖1<sup>\*\*</sup>, 沖2<sup>\*\*</sup> : 試験体下面からの測定値（沖1・沖2は鉛直方向にコア抜きした試料の上面からの測定値）

## 1.2 防食処理系試験体

番号	試験体 No.	試験体構造	セメントの種類	水セメント比 (%)	かぶり (mm)	防食塗装				暴露デッキ	暴露年	塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )						
						コンクリート塗膜	含浸系塗装	鉄筋防食ほか	備考			測定位置	コアの切削箇所 (cm)					
													0~1	1~2	2~3	3~4	4~5 (4~6)	
1	B008	RC	早強	40	25				○	亜鉛めっき	3	25年	側面	3.886	0.889			
側面													3.527	0.439				(0.212)
3	B019	プレテンション	早強	40	25	○				A種エポキシ	2	6年	-	0.010	0.006	0.006		
4												10年	-	0.072	0.078	0.082		
5												30年	側面	0.350	0.390	0.880	0.980	-
6												31年	側面	0.513	-	-	-	
7												B020	3	10年	-	0.134	0.071	0.108
8	B021	3	20年	-	0.141	0.094	0.094											
9	B022	RC	早強	40	25	○			B種柔軟エポキシ	2	6年	-	0.011	0.006	0.005			
10	B024										3	19年	-	0.118	0.094	0.071		
11	B022										30年	側面	0.970	1.120	1.180	0.820	-	
12											31年	側面	0.301	0.289	-	-		
13	B025	RC	早強	40	25	○			B種柔軟ウレタン	2	6年	-	0.006	0.005	0.005			
14											10年	-	0.120	0.103	0.085			
15											B027	3	20年	-	0.235	0.141	0.118	
16											B025	2	30年	側面	0.230	0.290	0.280	0.390
17	B028	RC	早強	40	25	○			C種膜厚エポキシ	3	6年	側面	0.010	0.008	0.008			
18											10年	-	0.132	0.099	0.096			
19											B030	20年	-	0.071	0.071	0.071		
20	B031	RC	早強	40	25	○			C種ビニルエステル	3	6年	-	0.008	0.009	0.006			
21											10年	-	0.139	0.106	0.110			
22											B033	20年	-	0.118	0.094	0.094		
23	B034	RC	早強	40	25	○			超厚膜エポキシ	3	6年	-	0.012	0.009	0.008			
24											10年	-	0.212	0.110	0.082			
25											B035	20年	-	0.212	0.165	0.094		
26	B036	RC	早強	40	25	○			超厚膜ウレタン	3	6年	-	0.007	0.006	0.005			
27											10年	-	0.153	0.080	0.094			
28											B037	20年	-	0.118	0.047	0.047		
29	B038	RC	早強	40	25	○			超柔軟ウレタン	3	6年	-	0.012	0.005	0.007			
30											10年	-	0.106	0.080	0.087			
31	B040	RC	早強	40	25	○			変性エポキシ	3	6年	-	0.019	0.005	0.005			
32											10年	-	0.082	0.085	0.082			
33											B041	20年	-	0.235	0.118	0.071		
34	B042	RC	早強	40	25	○			セメント系	3	6年	-	0.005	0.006	0.006			
35											10年	-	0.089	0.073	0.066			
36	B044	RC	早強	40	25	○			ウレタン	3	6年	-	0.013	0.006	0.004			
37											10年	-	0.101	0.087	0.068			
38											B045	20年	-	0.118	0.071	0.071		
39	B046	RC	早強	40	25	○			シリコンゴム	3	6年	-	0.009	0.004	0.004			
40											10年	-	0.073	0.092	0.082			
41											B047	20年	-	0.118	0.071	0.071		
42	B048	RC	早強	40	25	○			アクリルゴム	3	6年	-	0.023	0.006	0.008			
43											10年	-	0.113	0.085	0.071			
44											B049	20年	-	0.118	0.071	0.071		
45	B050	RC	早強	40	25	○			無機系	3	6年	-	0.007	0.007	0.009			
46											10年	-	0.071	0.073	0.078			
47											B051	20年	-	0.776	0.165	0.165		
48	B052	RC	早強	40	25	○			有機無機複合	3	6年	-	0.010	0.011	0.008			
49											10年	-	0.078	0.075	0.085			
50											B053	20年	-	0.165	0.118	0.118		
51	B054	プレテンション	早強	40	25	○			シリコン系	2	30年	側面	4.930	1.680	0.280	0.130	-	
52	B057	プレテンション	早強	40	25	○			アクリル系	2	30年	側面	6.980	1.320	0.240	0.120	-	
53	B060	プレテンション	早強	40	25	○			シリコン系	2	30年	側面	5.660	1.960	0.270	0.140	-	
54	B063	プレテンション	早強	40	25	○			有機無機複合	2	30年	側面	8.890	2.640	0.770	0.210	-	
55	B066	プレテンション	早強	40	25	○			アクリル系	2	30年	側面	7.630	4.180	1.790	0.450	-	
56	B069	プレテンション	早強	40	25	○			ビニルエステル系	2	30年	側面	6.930	3.060	0.930	0.240	-	
57	B092	ポストテンション	早強	40	35		○		塗装鉄筋・ポリウレタン	2	30年	側面	10.025	5.530	2.260	0.760	-	
58	B094	プレテンション	早強	40	25	○			ポリエステル系	2	30年	側面	5.150	1.710	0.390	0.130	-	
59	C002	プレテンション	早強	40	25						2	30年	側面	7.677	2.903	0.928	0.339	-
60												30年	側面	6.447	3.098	1.244	0.545	-

セルは暴露25年および30年の測定結果 (31年の追加調査も含む)

C002は比較のための参考データ

### 1.3 腐食調査試験体

番号	試験体 No.	試験体構造	セメントの種類	水セメント比 (%)	かぶり (mm)	防食塗装			備考	暴露デッキ	暴露年	塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )					
						コンクリート塗膜	コンクリート含浸	鉄筋防食ほか				測定位置	コアの切削箇所 (cm)				
													0~1	1~2	2~3	3~4	4~5
1	C002	プレテンション	早強	40	25					2	30年 静	7.677	2.903	0.928	0.339	-	
30年 名											6.447	3.098	1.244	0.545	-		
3	C025	プレテンション	早強	38	25					2	19年 上F1(上面)	5.581	2.049	0.518	0.330	-	
4											19年 下F1(下面)	5.978	1.820	0.496	0.331	-	
5											19年 下F2(下面)	5.050	1.834	0.429	0.238	-	
6											30年 上面1	7.873	2.851	0.887	0.319	-	
7											30年 下面1	5.610	3.308	1.079	0.519	-	
8											30年 上面2	7.320	1.805	0.344	0.201	-	
9											30年 下面2	4.801	2.986	0.698	0.337	-	
10											C029	プレテンション	早強	38	50		
11	19年 下F1(下面)	3.598	0.821	0.242	0.169	-											
12	19年 下F2(下面)	2.777	0.918	0.217	0.217	-											
13	19年 下F3(下面)	4.087	0.938	0.313	0.144	-											
14	19年 下F4(下面)	2.596	1.010	0.409	0.216	-											
15	30年 内側1	3.493	1.379	0.520	0.126	-											
16	30年 外側1	2.082	0.685	0.349	0.120	-											
17	30年 内側2	3.369	1.353	0.496	0.165	-											
18	30年 外側2	4.199	0.810	0.330	0.155	-											
19	C030	ポストテンション	早強	45	70				2	19年 上F1(上面)	3.456	0.960	0.408	0.288	-		
20										19年 下F1(下面)	5.709	2.132	0.616	0.284	-		
21										19年 下F2(下面)	4.027	1.516	0.545	0.166	-		
22										19年 下F3(下面)	3.717	1.311	0.477	0.167	-		
23										19年 下F4(下面)	5.529	2.502	0.906	0.286	-		
24										30年 内側1	5.762	4.833	1.341	0.692	-		
25										30年 外側1	4.303	1.925	0.965	0.472	-		
26										30年 内側2	5.142	4.465	1.721	0.629	-		
27	30年 外側2	4.801	3.415	1.220	0.718	-											

セルは暴露25年および30年の測定結果（31年の追加調査も含む）

## 2. 表面塩化物イオン濃度 $C_0$ および見掛けの拡散係数 $D_c$

### 2.1 基準系試験体

番号	試験体 No.	暴露位置 (デッキ)	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
1	A002	3	25	普通	40	10	上面	11.0	0.261
2							下面	17.2	0.087
3							側面	15.6	0.065
4							側面	17.8	0.200
5	A005	3	25	普通	50	10	下東	13.8	0.279
6							下西	14.9	0.394
7							横東	16.8	0.228
8							横西	13.8	0.308
9	A008	3	25	早強	40	10	上面	7.0	0.080
10							下面	12.9	0.050
11							側面	13.0	0.082
12							側面	8.8	0.120
13	A011	3	25	早強	50	6	上面	9.1	0.622
14							下面	12.4	0.644
15							側面	9.7	0.408
16							側面	9.2	0.722
17	A014	3	25	高炉	50	10	上面	15.5	0.303
18							下面	13.6	0.308
19							側面	12.3	0.269
20							側面	13.7	0.173
21	A015	3	25	高炉	50	25	側面	16.9	0.052
22	側面					2.2	0.695		
23	A016	3	35	普通	40	12	上面	12.4	0.080
24							下面	5.7	0.023
25							側面1	11.3	0.072
26							側面2	16.3	0.091
27						14	上面	6.8	0.118
28							下面	10.5	0.080
29							側面1	15.8	0.083
30							側面2	20.8	0.061
31	A020	3	35	早強	40	14	上面	23.7	0.062
32							下面	9.4	0.116
33							側面1	11.9	0.111
34							側面2	4.8	0.219
35	A022	3	35	早強	50	12	上面	9.8	0.461
36							下面	15.3	0.545
37							側面1	10.2	0.572
38							側面2	10.7	0.857
39						14	上面	10.1	0.391
40							下面	10.9	0.412
41							側面1	12.8	0.589
42							側面2	11.9	0.395
43	A023	3	35	早強	50	12	上面	9.8	0.461
44							下面	15.3	0.545
45							側面1	10.2	0.572
46							側面2	10.7	0.857
47	A026	3	50	普通	40	14	上面	18.4	0.024
48							下面	13.5	0.096
49							側面1	15.4	0.089
50							側面2	18.7	0.058

セルは暴露25年および30年の測定結果 (31年の追加調査も含む)

2.1 基準系試験体

番号	試験体 No.	暴露位置 (デッキ)	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 C0 (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 Dc (cm <sup>2</sup> /年)
51	A028	3	50	普通	50	14	上面	10.3	0.462
52							下面	11.2	0.463
53							側面1	15.1	0.219
54							側面2	7.9	0.488
55	A029	3	50	普通	50	12	上面	17.5	0.195
56							下面	13.5	0.310
57							側面1	9.4	0.198
58							側面2	12.7	0.216
59	A030	3	50	早強	40	14	上面	13.4	0.094
60							下面	8.5	0.355
61							側面1	6.5	0.444
62							側面2	11.6	0.320
63	A032	3	50	早強	50	14	上面	11.7	0.431
64							下面	6.4	0.545
65							側面1	10.7	0.508
66							側面2	13.0	0.478
67	A034	3	50	高炉	50	12	上面	15.8	0.197
68							下面	15.9	0.153
69							側面1	15.7	0.225
70							側面2	8.9	0.232
71						14	上面	19.7	0.131
72							下面	14.7	0.234
73							側面1	19.3	0.100
74							側面2	12.6	0.245
75	A036	2	70	普通	40	10	上北	3.6	0.058
76							上南	5.0	0.080
77	A037	2	70	普通	40	30	沖1	9.0	0.010
78							沖2	13.4	0.013
79	A038	2	70	普通	50	10	上北	2.7	0.115
80							上南	2.0	0.188
81	A039	2	70	普通	50	30	沖1	5.4	0.110
82							沖2	5.1	0.103
83						沖1 <sup>**</sup>	-	-	
84						沖2 <sup>**</sup>	-	-	
85	A040 <sup>*</sup>	2	70	早強	40	10	上北	0.9	0.861
86							下南	2.2	0.174
87	A041	2	70	早強	40	30	沖1	11.5	0.034
88							沖2	12.1	0.020
89	A042	2	70	早強	50	10	上北	5.2	0.265
90							下南	2.6	0.087
91	A043	2	70	早強	50	30	沖1	5.7	0.238
92							沖2	3.6	0.093
93							沖1 <sup>**</sup>	-	-
94	A044	2	70	高炉	50	10	上北	4.9	0.242
95							下南	4.1	0.100
96	A045	2	70	高炉	50	30	沖1	3.1	0.160
97							沖2	2.3	0.670
98						沖1 <sup>**</sup>	-	-	
99						沖2 <sup>**</sup>	-	-	

セルは暴露25年および30年の測定結果（31年の追加調査も含む）  
 沖1<sup>\*\*</sup>、沖2<sup>\*\*</sup>：試験体下面からの測定値（沖1・沖2は鉛直方向にコア抜きした試料の上面からの測定値）  
 A040試験体は、暴露20年の報告書データよりC0、Dcの値を再度算出



## 2.2 防食処理系試験体

番号	試験体 No.	暴露位置 (デッキ)	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
1	B008	3	25	早強	40	25年	側面	9.580	0.116
2						側面	11.360	0.078	
3	B019	2	25	早強	40	6年	-		
4						10年	-		
5						30年	側面	0.648	115814.554
6						31年	側面		
7	B020	3				10年	-		
8	B021	3				20年	-		
9	B022	2	25	早強	40	6年	-		
10	B024	3				19年	-		
11	B022	2				30年	側面	1.101	8.571
12						31年	側面		
13	B025	2	25	早強	40	6年	-		
14						10年	-		
15	B027	3				20年	-		
16	B025	2				30年	側面	0.305	321.474
17	B028	3	25	早強	40	6年	-		
18						10年	-		
19						B030	20年	-	
20	B031	3	25	早強	40	6年	-		
21						10年	-		
22	B033					20年	-		
23	B034	3	25	早強	40	6年	-		
24						10年	-		
25						B035	20年	-	
26	B036	3	25	早強	40	6年	-		
27						10年	-		
28	B037					20年	-		
29	B038	3	25	早強	40	6年	-		
30						10年	-		
31	B040	3	25	早強	40	6年	-		
32						10年	-		
33						B041	20年	-	
34	B042	3	25	早強	40	6年	-		
35						10年	-		
36	B044	3	25	早強	40	6年	-		
37						10年	-		
38						B045	20年	-	
39	B046	3	25	早強	40	6年	-		
40						10年	-		
41	B047					20年	-		
42	B048	3	25	早強	40	6年	-		
43						10年	-		
44	B049					20年	-		
45	B050	3	25	早強	40	6年	-		
46						10年	-		
47	B051					20年	-		
48	B052	3	25	早強	40	6年	-		
49						10年	-		
50	B053					20年	-		
51	B054	2	25	早強	40	30年	側面	7.142	0.026
52	B057	2	25	早強	40	30年	側面	11.614	0.015
53	B060	2	25	早強	40	30年	側面	8.214	0.026
54	B063	2	25	早強	40	30年	側面	13.062	0.024
55	B066	2	25	早強	40	30年	側面	9.708	0.058
56	B069	2	25	早強	40	30年	側面	9.310	0.039
57	B092	2	35	早強	40	30年	側面	12.736	0.059
58	B094	2	25	早強	40	30年	側面	7.429	0.027

セルは暴露25年および30年の測定結果（31年の追加調査も含む）

### 2.3 腐食調査試験体

番号	試験体 No.	暴露位置 (デッキ)	かぶり (mm)	セメント	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
1	C002	2	25	早強	40	30年	側面	10.571	0.033
2						30年	側面	8.285	0.050
3	C025	2	25	早強	38	19年	上F1(上面)		
4						19年	下F1(下面)		
5						19年	下F1(下面)		
6						30年	上面1	10.968	0.031
7						30年	下面1	7.185	0.059
8						30年	上面2	11.419	0.019
9						30年	下面2	6.004	0.072
10	C029	2	50	早強	38	19年	上F1(上面)		
11						19年	下F1(下面)		
12						19年	下F2(下面)		
13						19年	下F3(下面)		
14						19年	下F4(下面)		
15						30年	内側1	4.722	0.036
16						30年	外側1	2.854	0.032
17						30年	内側2	4.419	0.041
18	30年	外側2	6.952	0.015					
19	C030	2	70	早強	45	19年	上F1(上面)		
20						19年	下F1(下面)		
21						19年	下F2(下面)		
22						19年	下F3(下面)		
23						19年	下F4(下面)		
24						30年	内側1	7.497	0.084
25						30年	外側1	5.423	0.052
26						30年	内側2	6.170	0.167
27	30年	外側2	5.640	0.124					

セルは暴露25年および30年の測定結果 (31年の追加調査も含む)

### 3. 暴露25年、暴露30年および暴露31年の結果

#### (1) 暴露25年の結果

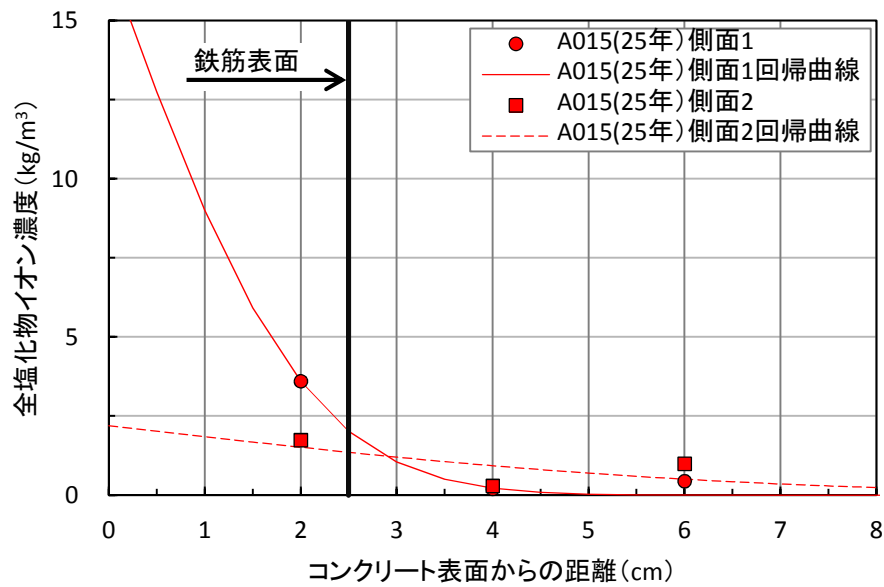


図-資 4.1 A015試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.1 A015試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
A015	3	高炉	50	25	側面1	16.86	0.0517
					側面2	2.20	0.4969

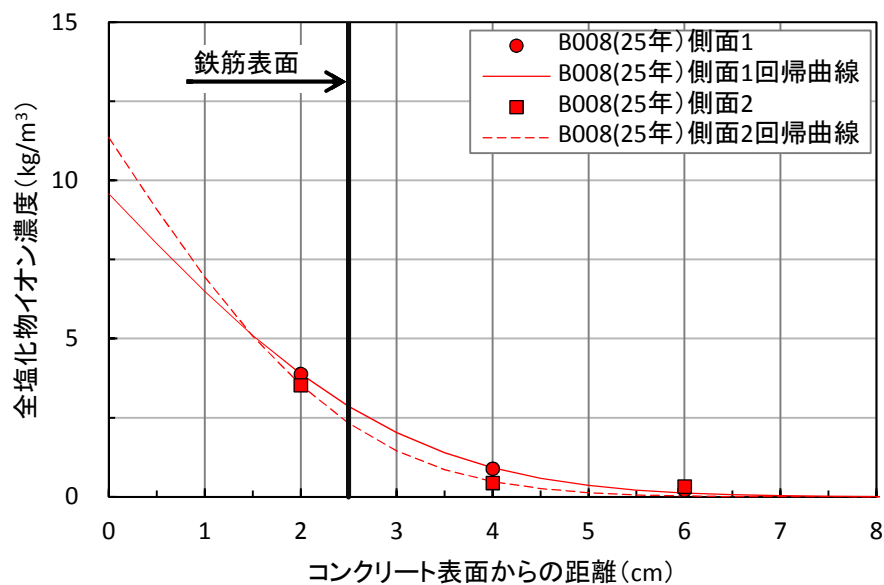


図-資 4.2 B008試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.2 B008試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B008	3	早強	40	25	側面1	9.58	0.1155
					側面2	11.36	0.0777

(1) 暴露25年の結果

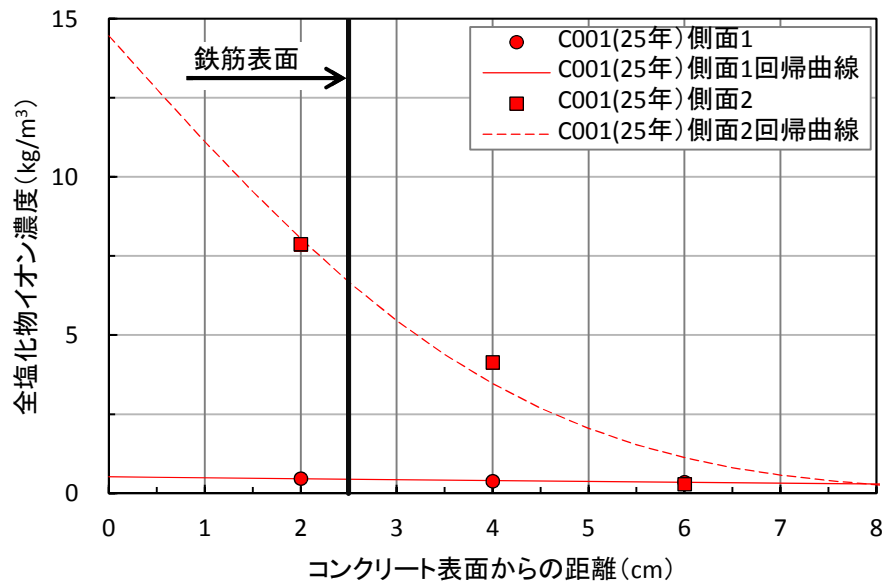


図-資 4.3 C001試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.3 C001試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
C001	2	早強	40	25	側面1	0.52	3.9193
					側面2	14.46	0.2315

(2) 暴露30年の結果

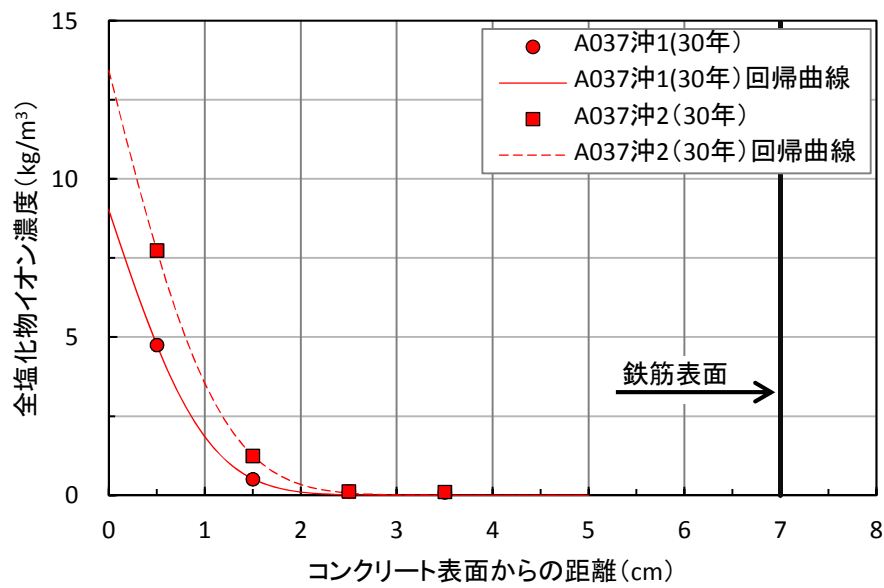


図-資 4.4 A037試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.4 A037試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
A037	2	普通	40	30	東側上面1	9.02	0.0104
					東側上面2	13.43	0.0133

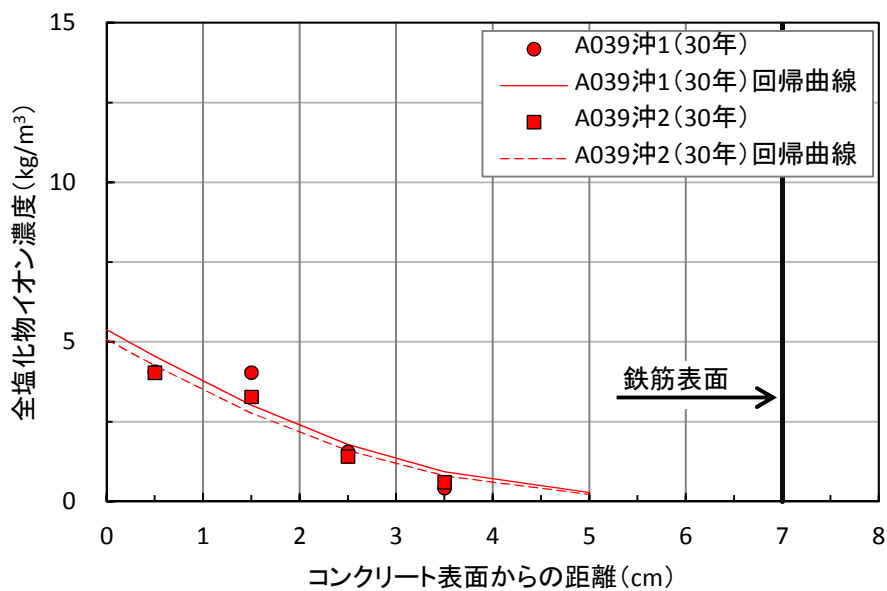


図-資 4.5 A039試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.5 A039試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
A039	2	普通	50	30	東側上面1	5.39	0.1102
					東側上面2	5.39	0.1027

(2) 暴露30年の結果

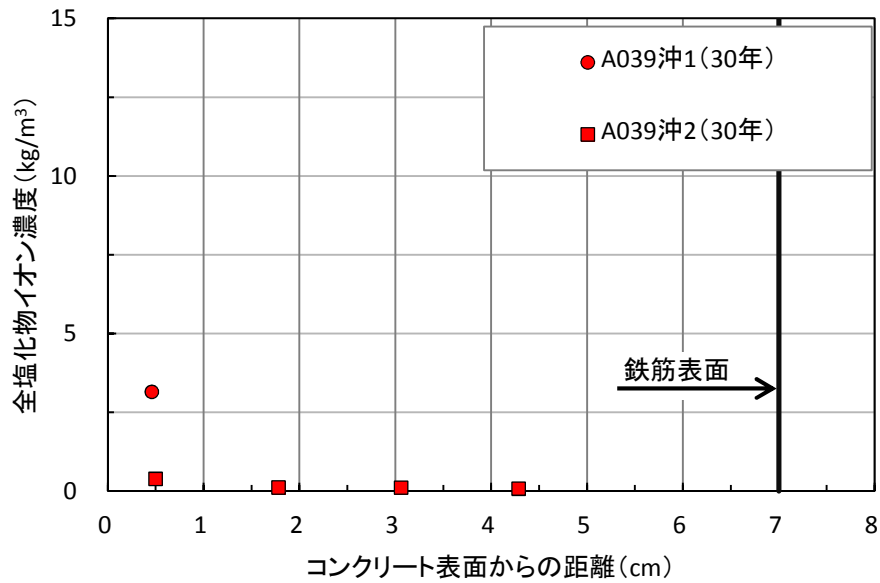


図-資 4.6 A039試験体（試験体から貫通させて採取したコアの下面から切削した試料）の塩化物イオン濃度

表-資 4.6 A039試験体（試験体から貫通させて採取したコアの下面から切削した試料）の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
A039	2	普通	50	30	東側下面1	—	—
					東側下面2	—	—

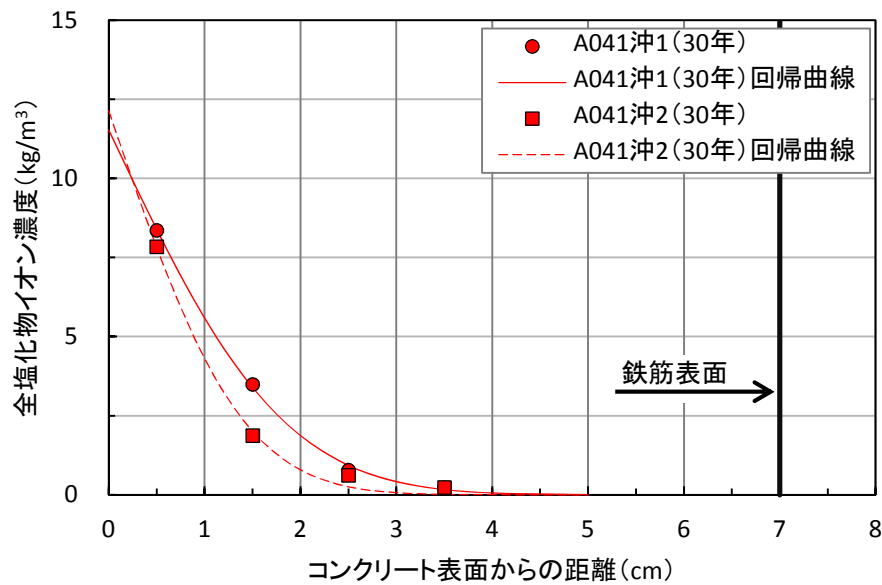


図-資 4.7 A041試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.7 A041試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
A041	2	早強	40	30	東側上面1	11.53	0.0341
					東側上面2	12.14	0.0195

(2) 暴露30年の結果

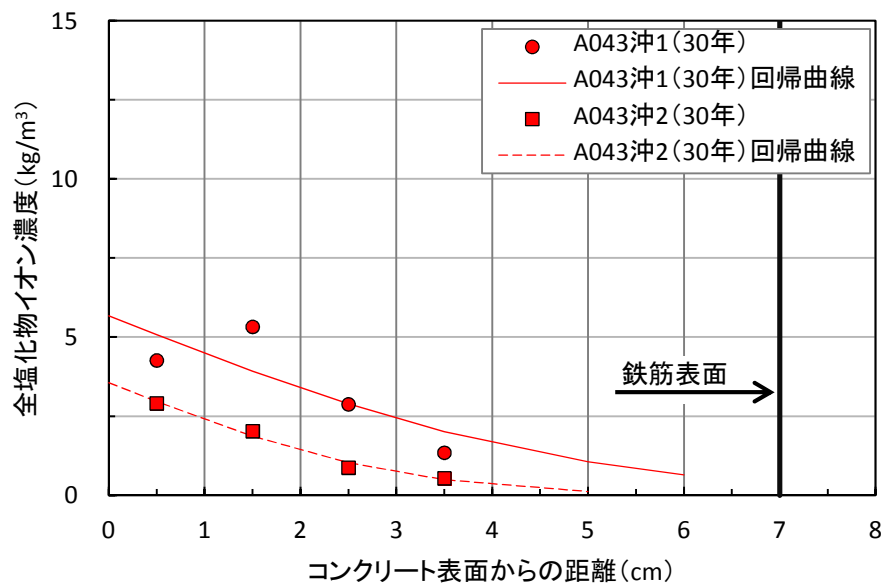


図-資 4.8 A043試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.8 A043試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
A043	2	早強	50	30	東側上面1	5.67	0.2384
					東側上面2	3.56	0.0930

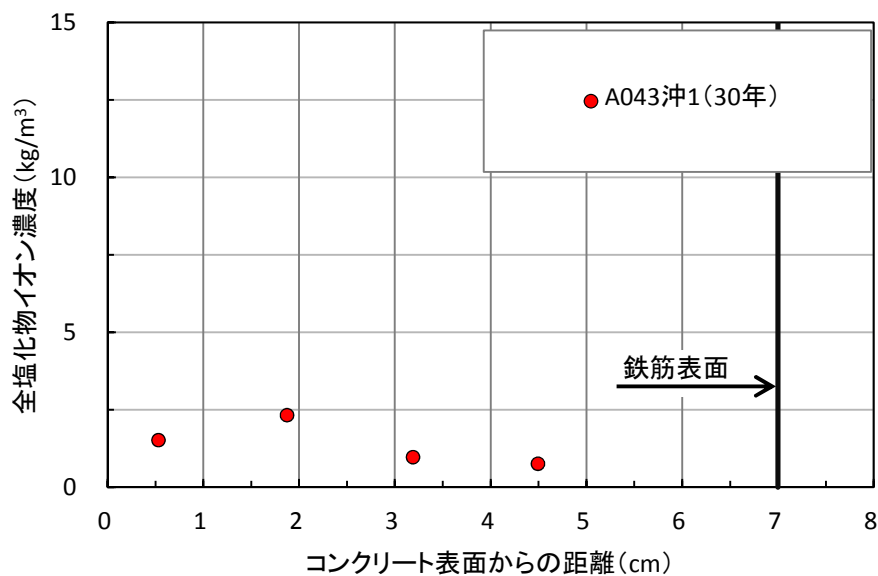


図-資 4.9 A043試験体（試験体から貫通させて採取したコアの下面から切削した試料）の塩化物イオン濃度

表-資 4.9 A043試験体（試験体から貫通させて採取したコアの下面から切削した試料）の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
A043	2	早強	50	30	東側上面1	—	—
					東側上面2	—	—

(2) 暴露30年の結果

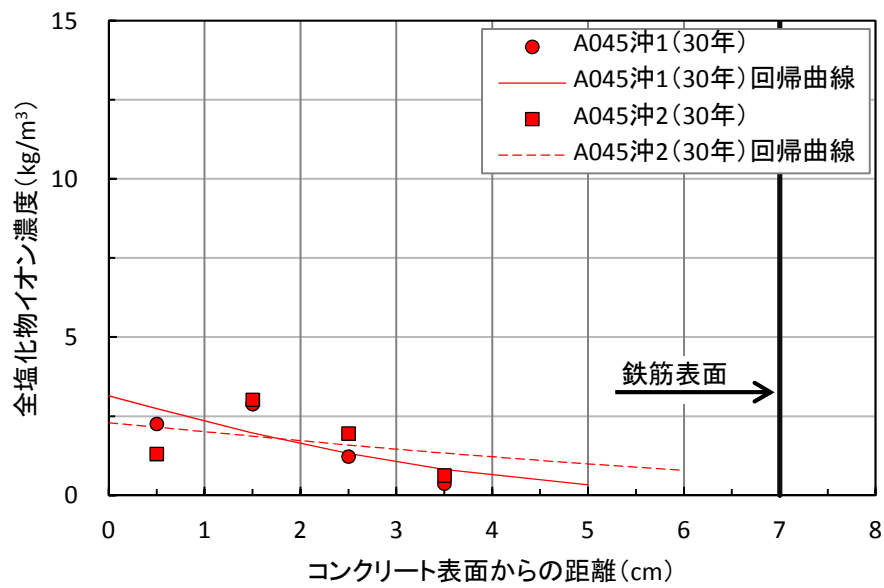


図-資 4.10 A045試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.10 A045試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
A045	2	高炉	50	30	東側上面1	3.14	0.1596
					東側上面2	2.29	0.6686

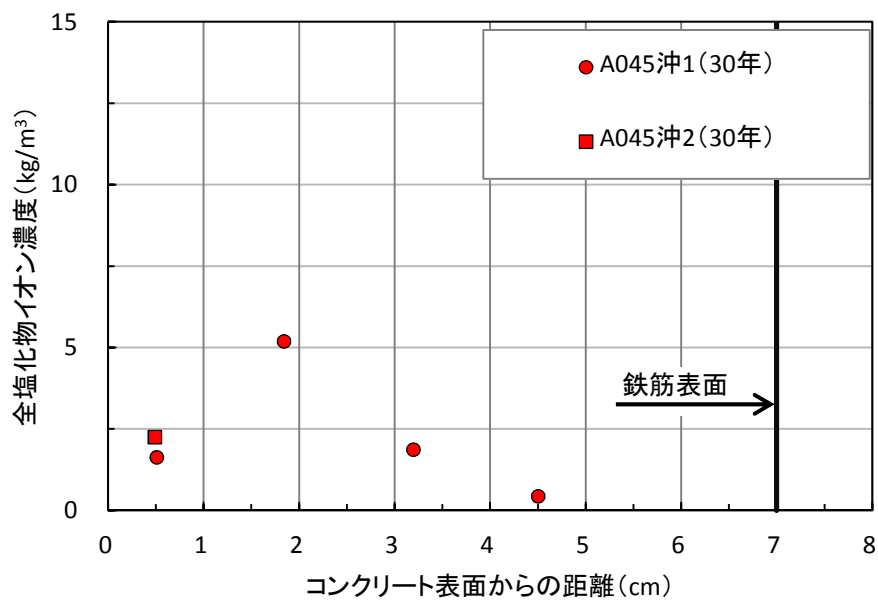


図-資 4.11 A045試験体（試験体から貫通させて採取したコアの下面から切削した試料）の塩化物イオン濃度

表-資 4.11 A045試験体（試験体から貫通させて採取したコアの下面から切削した試料）の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
A045	2	高炉	50	30	東側下面1	—	—
					東側下面2	—	—



(2) 暴露30年の結果

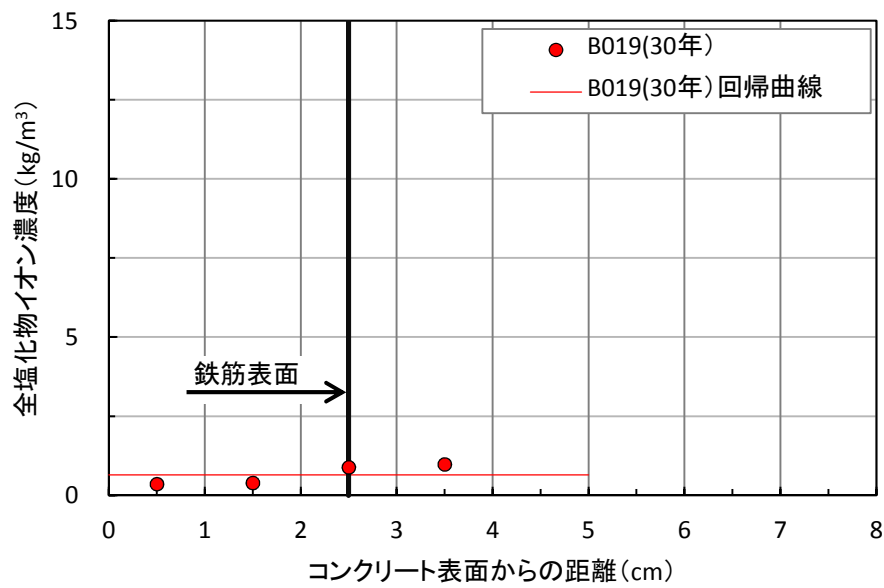


図-資 4.12 B019試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.12 B019試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
B019	2	早強	40	30	側面	0.65	115814.6

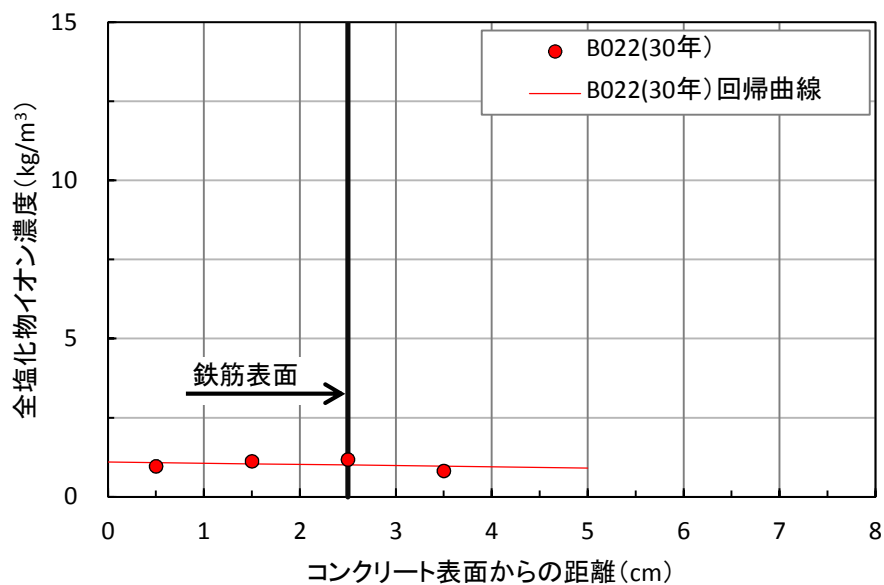


図-資 4.13 B022試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.13 B022試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
B022	2	早強	40	30	側面	1.10	8.5710

(2) 暴露30年の結果

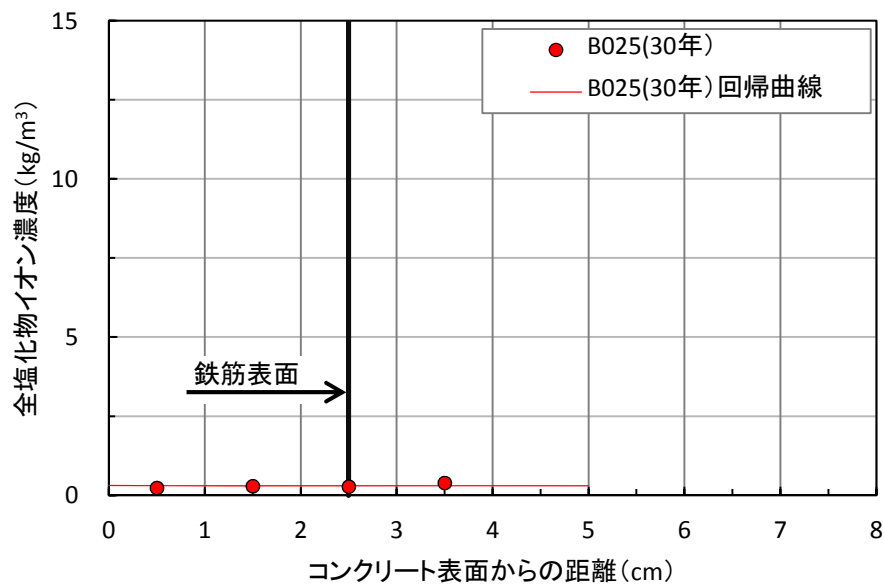


図-資 4.14 B025試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.14 B025試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B025	2	早強	40	30	側面	11.53	0.0341

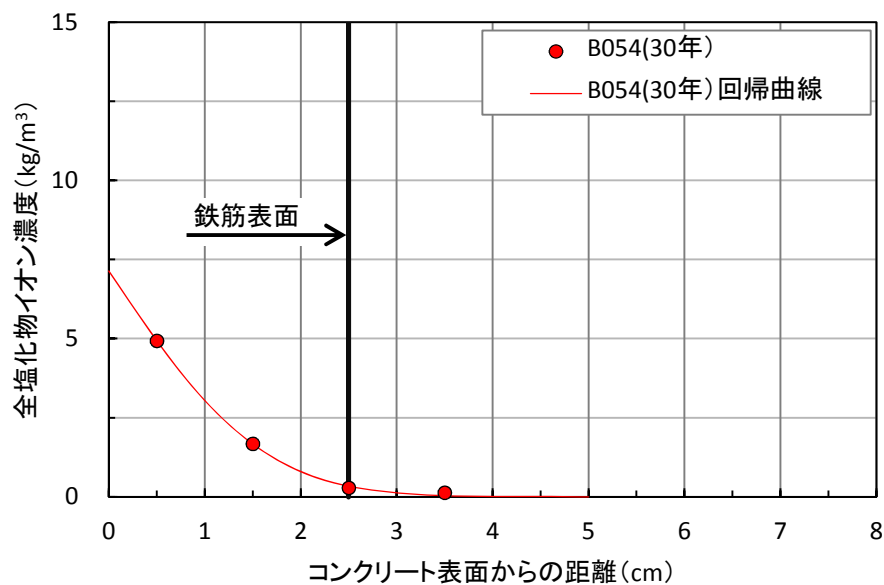


図-資 4.15 B054試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.15 B054試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B054	2	早強	50	30	側面	7.14	0.0263

(2) 暴露30年の結果

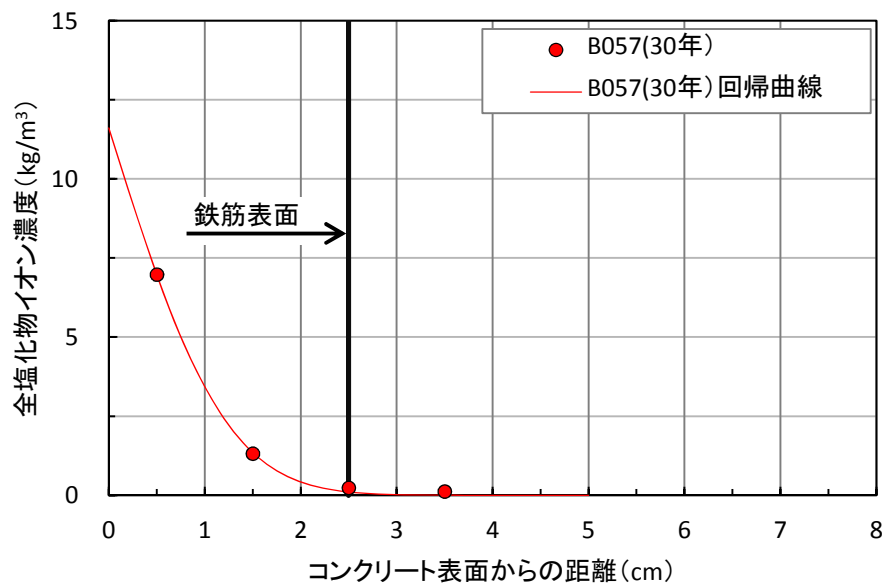


図-資 4.16 B057試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.16 B057試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B057	2	早強	40	30	側面1	11.61	0.0152

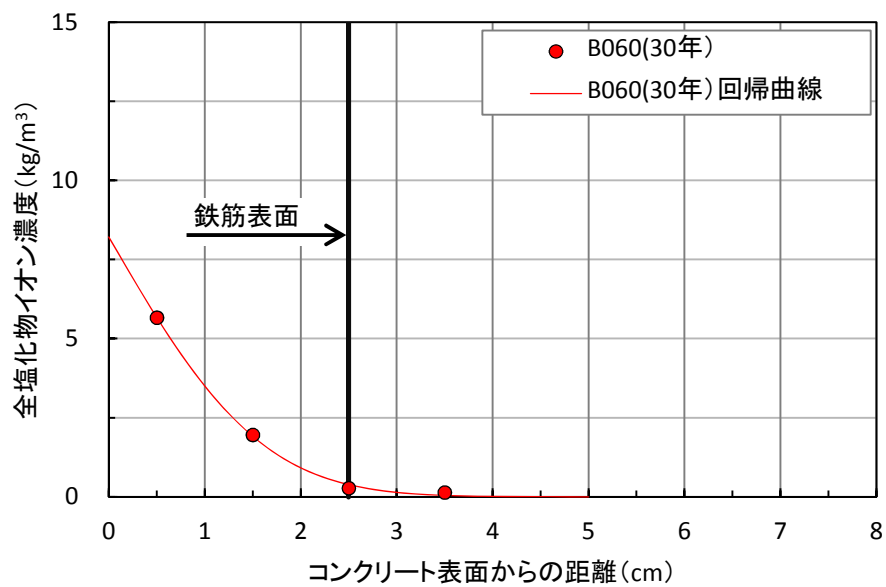


図-資 4.17 B060試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.17 B060試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B060	2	早強	40	30	側面	8.21	0.0263

(2) 暴露30年の結果

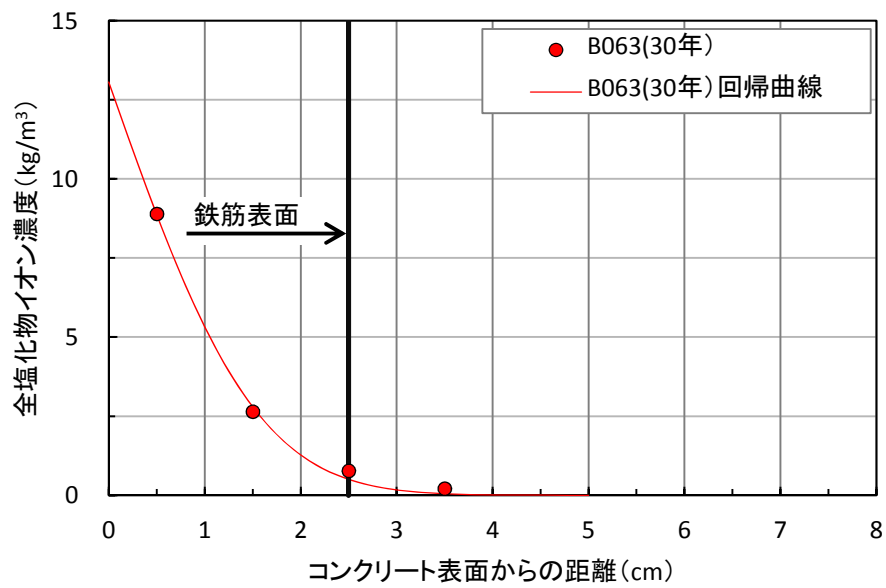


図-資 4.18 B063試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.18 B063試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
B063	2	早強	40	30	側面	13.06	0.0243

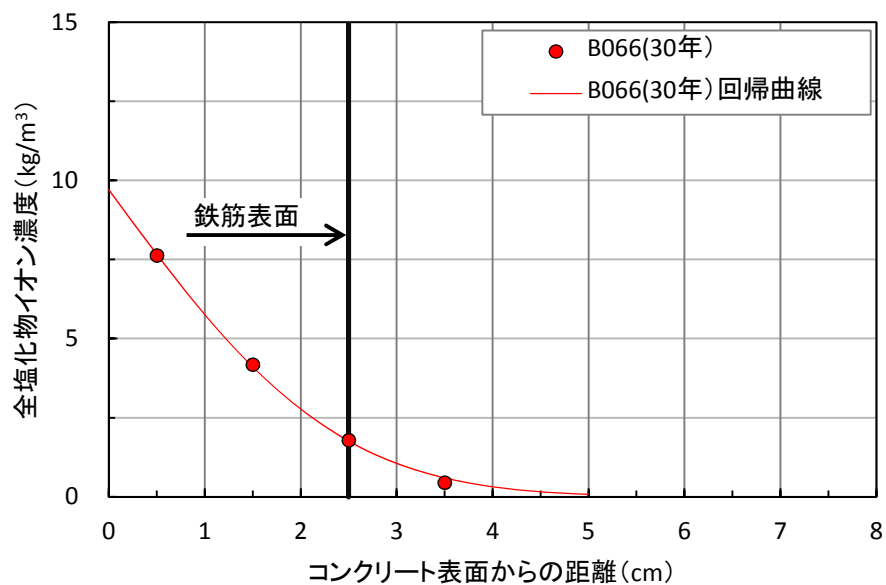


図-資 4.19 B066試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.19 B066試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
B066	2	早強	40	30	側面1	9.71	0.0584

(2) 暴露30年の結果

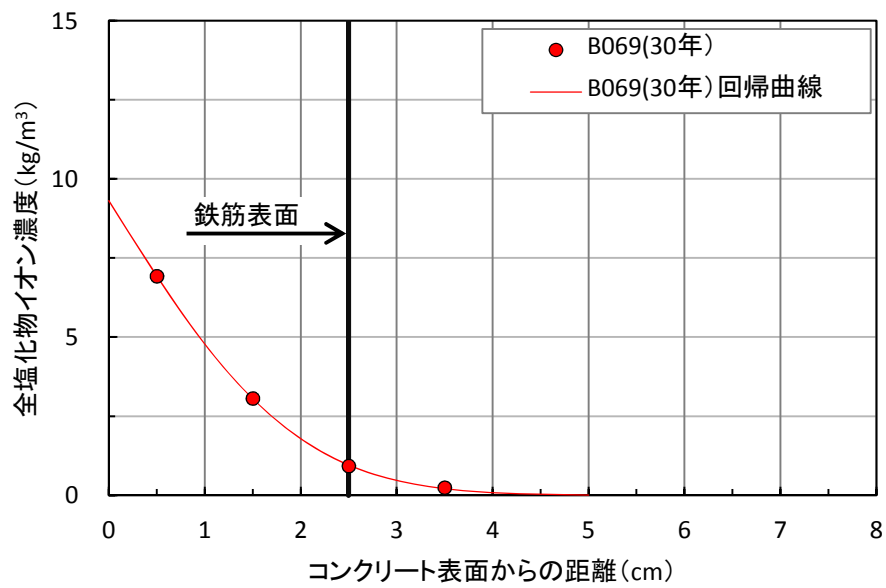


図-資 4.20 B069試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.20 B069試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg/m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B069	2	早強	40	30	側面	9.31	0.0391

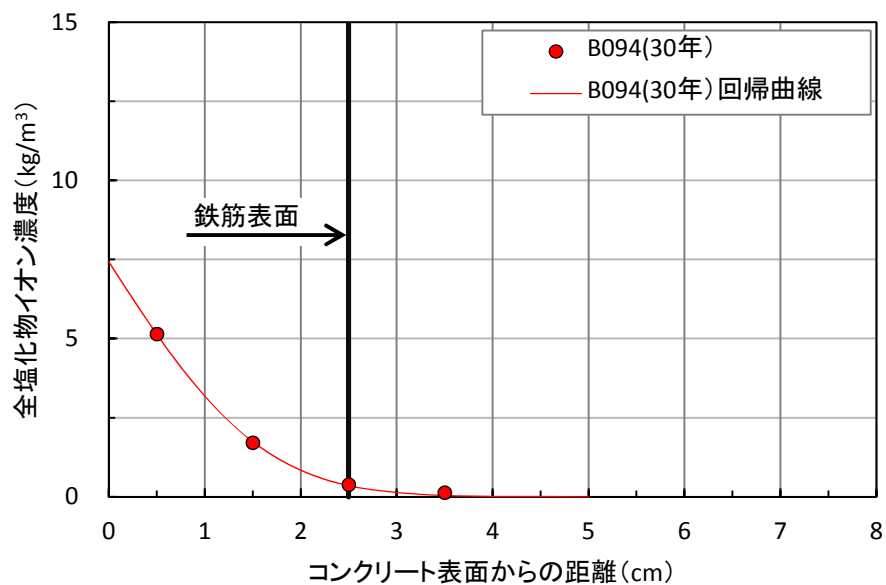


図-資 4.21 B094試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.21 B094試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg/m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B094	2	早強	40	30	側面	7.43	0.0265

(2) 暴露30年の結果

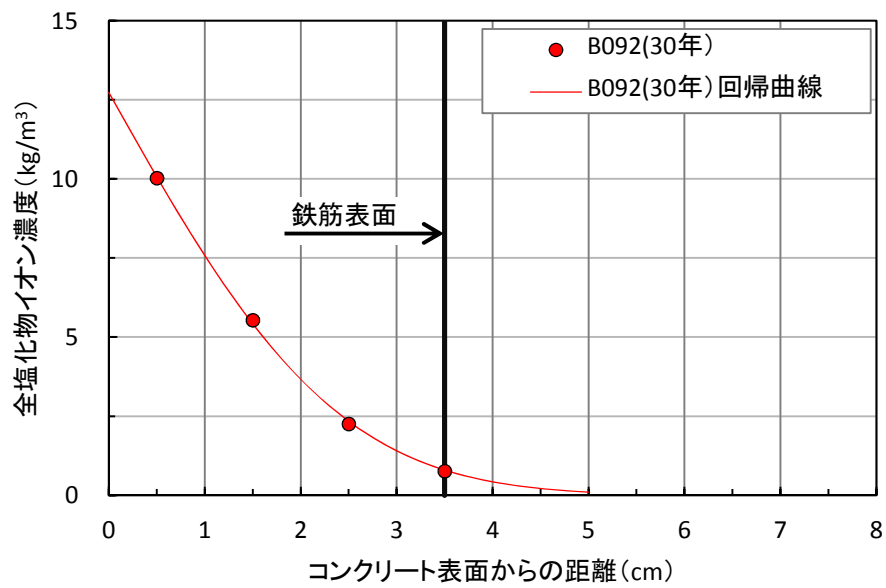


図-資 4.22 B092試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.22 B092試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B092	2	早強	40	30	側面1	12.74	0.0590

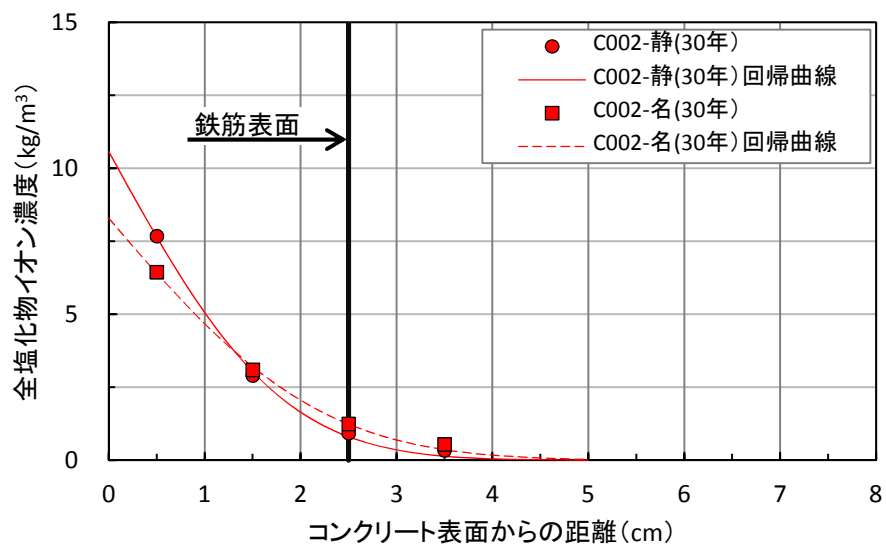


図-資 4.23 C002試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.23 C002試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
C002	2	早強	40	30	側面1	10.57	0.0331
					側面2	8.29	0.0501

(2) 暴露30年の結果

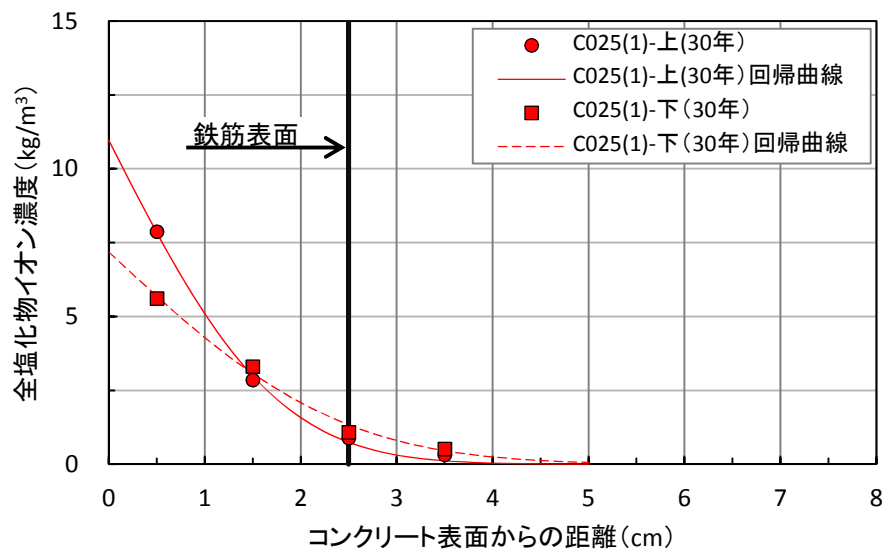


図-資 4.24 C025試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.24 C025試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
C025	2	早強	38	30	上面1	10.97	0.0311
					下面1	7.18	0.0594

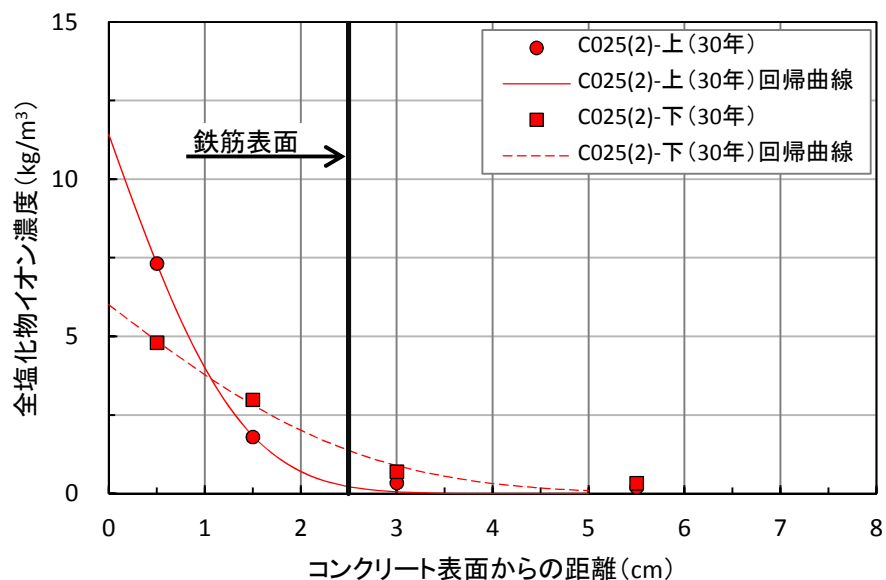


図-資 4.25 C025試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.25 C025試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
C025	2	早強	38	30	上面2	11.42	0.0191
					下面2	6.00	0.0719

(2) 暴露30年の結果

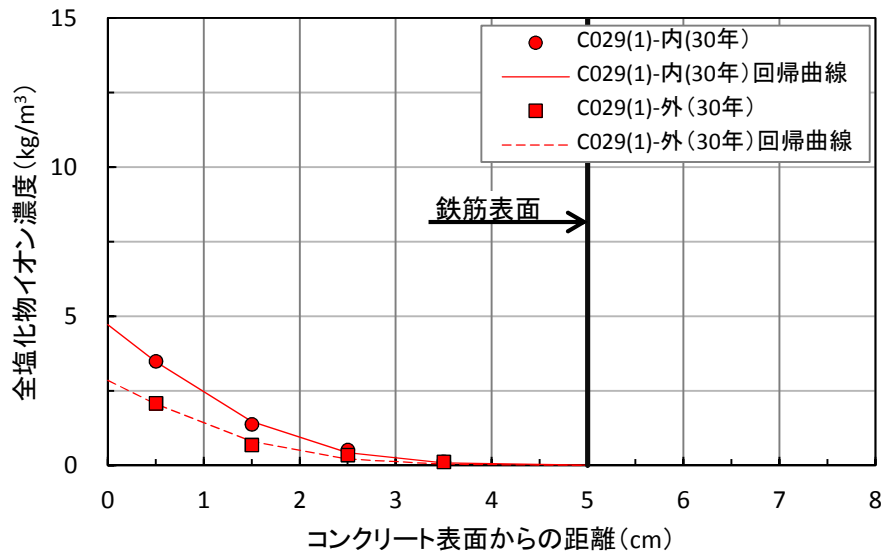


図-資 4.26 C029試験体の塩化物イオン濃度（暴露30年）

表-資 4.26 C029試験体の解析結果（暴露30年）

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
C029	2	早強	38	30	側面1(内)	4.72	0.0363
					側面1(外)	2.85	0.0322

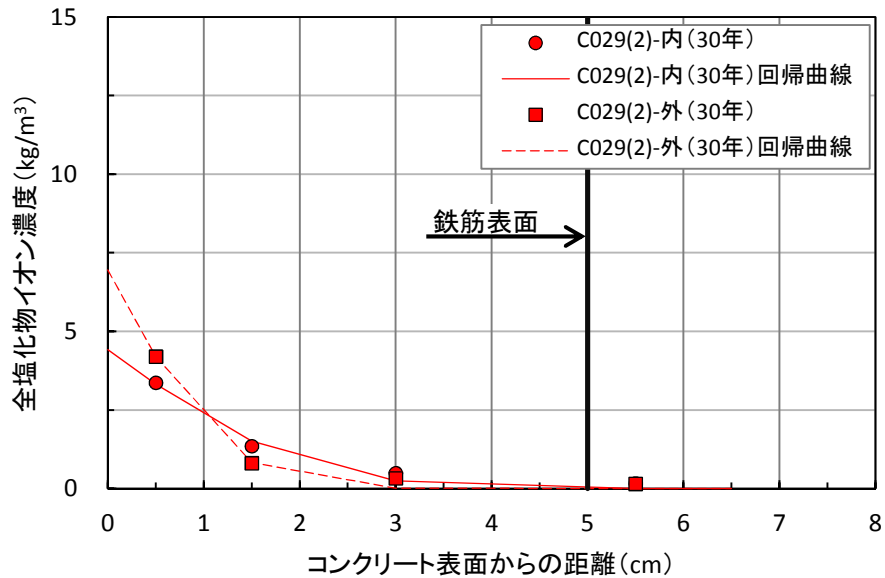


図-資 4.27 C029試験体の塩化物イオン濃度（暴露30年）

表-資 4.27 C029試験体の解析結果（暴露30年）

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
C029	2	早強	38	30	側面2(内)	4.42	0.0413
					側面2(外)	6.95	0.0155



(2) 暴露30年の結果

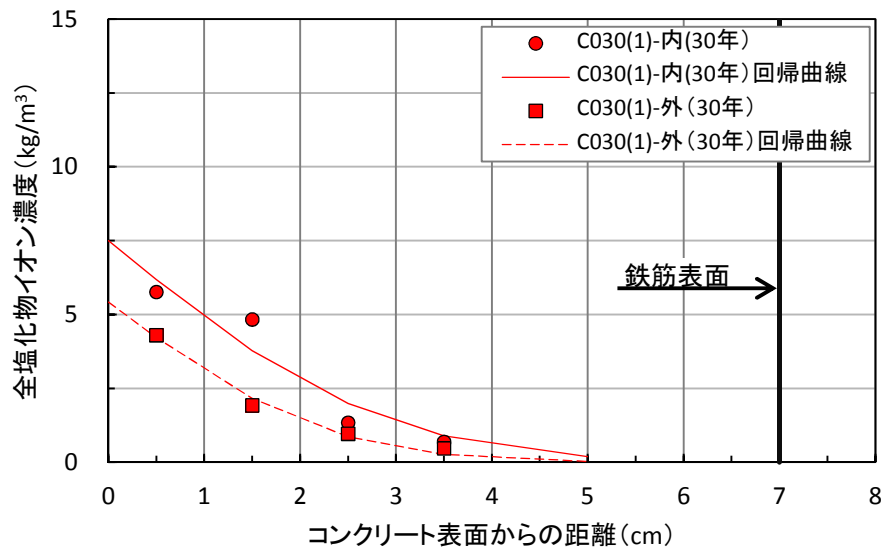


図-資 4.28 C030試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.28 C030試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
C030	2	早強	45	30	側面1(内)	7.50	0.0838
					側面1(外)	5.42	0.0524

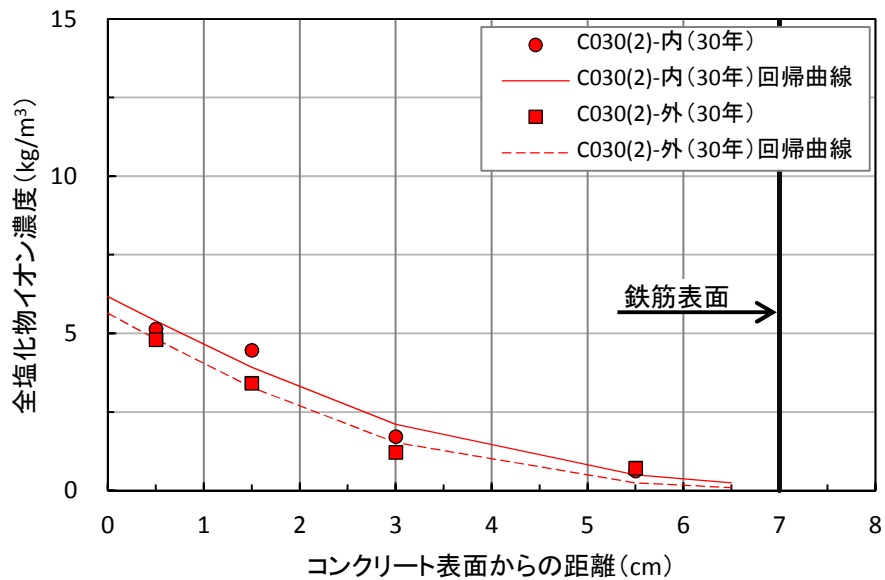


図-資 4.29 C030試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.29 C030試験体の解析結果

試験体 No.	暴露 デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ (kg/m <sup>3</sup> )	見かけの拡散係数 $D_c$ (cm <sup>2</sup> /年)
C030	2	早強	45	30	側面2(内)	6.17	0.1667
					側面2(外)	5.64	0.1236

(3) 暴露31年の結果

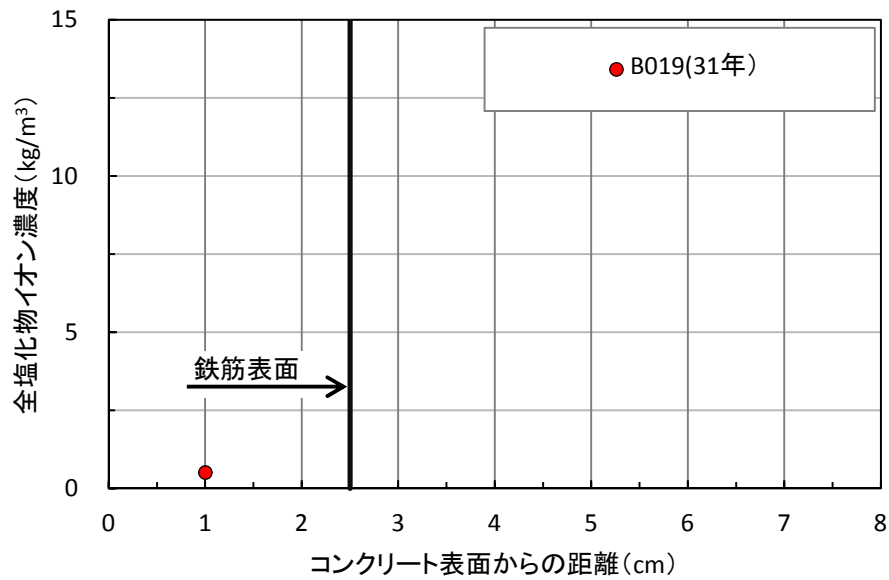


図-資 4.30 B019試験体の塩化物イオン濃度

表-資 4.30 B019試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B019	2	早強	40	30	側面	—	—

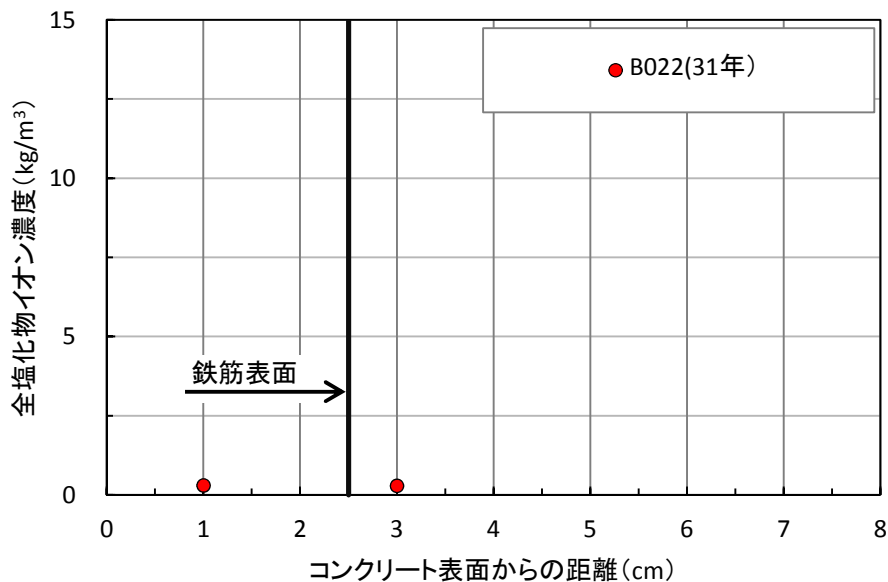


図-資 4.31 B022試験体の塩化物イオン濃度





表-資 4.31 B022試験体の解析結果

試験体 No.	暴露デッキ	セメントの種類	W/C (%)	暴露年 (年)	測定位置	表面塩化物イオン濃度 $C_0$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	見かけの拡散係数 $D_c$ ( $\text{cm}^2/\text{年}$ )
B022	2	早強	40	30	側面	—	—

資料-5 試験体の鉄筋腐食状況（暴露 25 年）

暴露 25 年における各試験体の鉄筋の腐食状況を図-資 5.1～図-資 5.3 に，腐食面積を表-資 5.1～表-資 5.3 に示す。

凡 例

	A	健全
	B	浮き錆・点錆
	C	浅い鋼食
	D	断面欠損

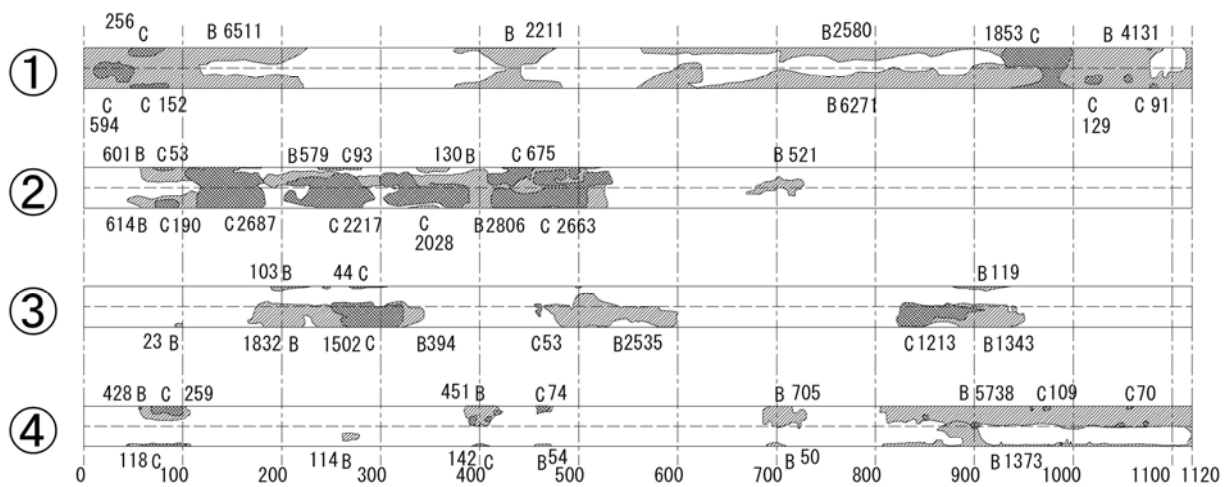


図-資 5.1 試験体A015の腐食状況図

表-資 5.1 試験体A015の腐食面積 (mm<sup>2</sup>)

腐食度	【B】 浮錆・点錆	【C】 浅い鋼食	【D】 断面欠損	小計
①	21,704	3,075		24,779
②	5,251	10,606		15,857
③	6,349	2,812		9,161
④	8,913	772		9,685
合計	42,217	17,265	0	59,482

凡 例

- A 健全
- B 浮き錆・点錆
- C 浅い鋼食
- D 断面欠損

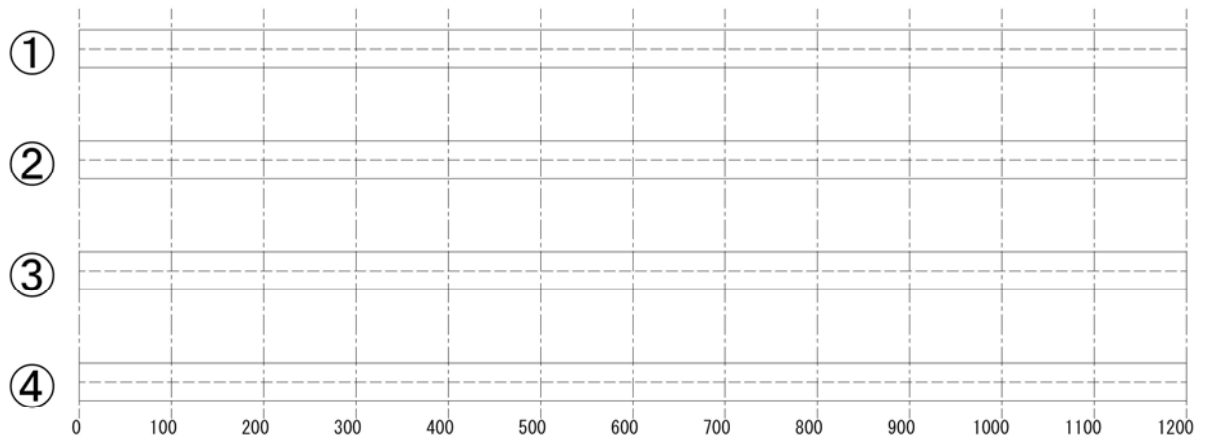


図-資 5.2 試験体B008の腐食状況図

表-資 5.2 試験体B008の腐食面積 (mm<sup>2</sup>)

腐食度	【B】 浮錆・点錆	【C】 浅い鋼食	【D】 断面欠損	小計
①				0
②				0
③				0
④				0
合計	0	0	0	0

凡 例

- A 健全
- B 浮き錆・点錆
- C 浅い鋼食
- D 断面欠損

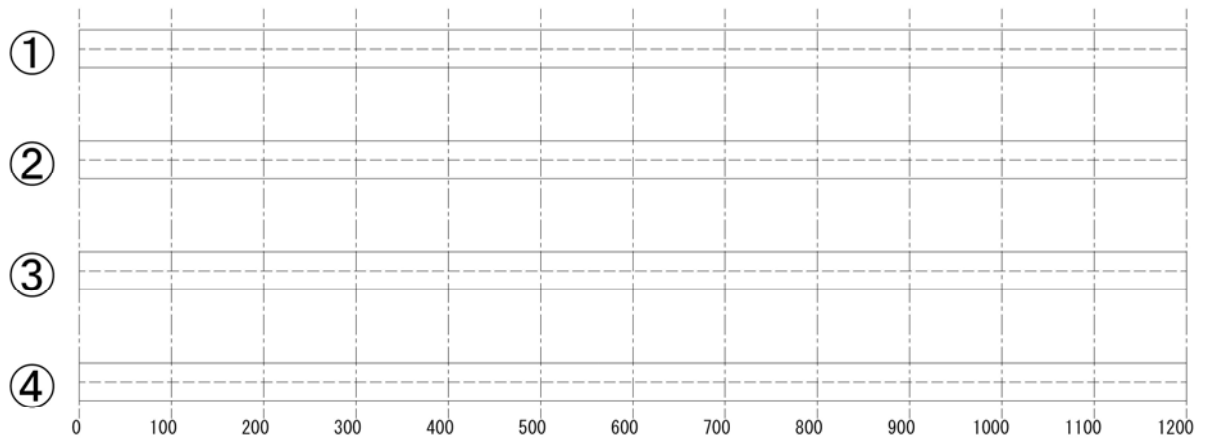


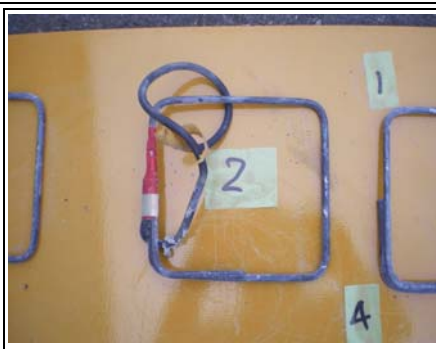
図-資 5.3 試験体C001の腐食状況図

表-資 5.3 試験体C001の腐食面積 (mm<sup>2</sup>)

腐食度	【B】 浮錆・点錆	【C】 浅い鋼食	【D】 断面欠損	小計
①				0
②				0
③				0
④				0
合計	0	0	0	0



ID番号	0001
タイトル	鉄筋採取
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	全数
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0006
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	②-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0002
タイトル	通し筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	0~40cm
撮影年月日	2009年7月29日



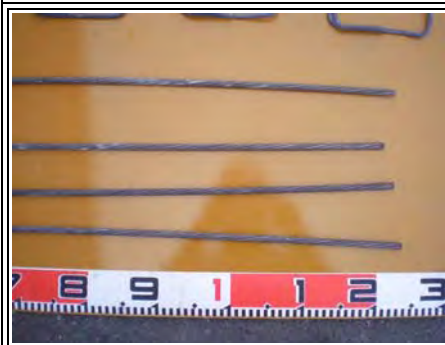
ID番号	0007
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	③-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0003
タイトル	通し筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	40~80cm
撮影年月日	2009年7月29日



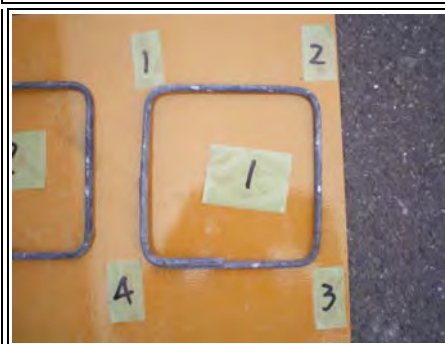
ID番号	0008
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	④-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0004
タイトル	通し筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	80~120cm
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0009
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	⑤-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0005
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	①-右側
撮影年月日	2009年7月29日



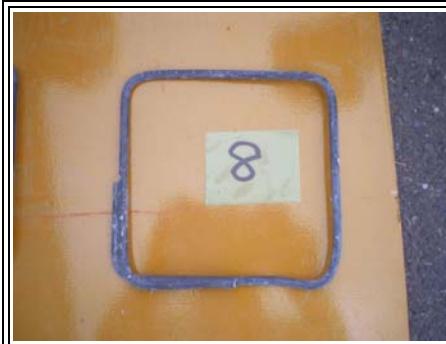
ID番号	0010
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	⑥-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0011
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㉗-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0016
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㉘-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0012
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㉙-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0017
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㉚-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0013
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㉛-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0018
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㉜-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0014
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㉝-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0019
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㉞-左側
撮影年月日	2009年7月29日













ID番号	0015
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㉟-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0020
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	㊱-左側
撮影年月日	2009年7月29日



	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0021</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>③-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0021	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	③-左側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0026</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑧-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0026	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	⑧-左側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0021																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	③-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0026																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑧-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0022</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>④-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0022	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	④-左側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0027</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑨-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0027	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	⑨-左側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0022																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	④-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0027																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑨-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0023</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑤-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0023	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	⑤-左側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0028</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑩-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0028	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	⑩-左側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0023																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑤-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0028																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑩-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0024</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑥-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0024	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	⑥-左側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0029</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑪-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0029	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	⑪-左側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0024																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑥-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0029																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑪-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0025</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑦-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0025	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	⑦-左側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0030</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>C001</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑫-左側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0030	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	C001	種別		細別		撮影箇所	⑫-左側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0025																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑦-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0030																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	C001																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑫-左側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						



ID番号	0031
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	⑬-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0036
タイトル	通し筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	80~120cm
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0032
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	C001
種別	
細別	
撮影箇所	⑭-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0037
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑰-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0033
タイトル	鉄筋採取
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	全数
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0038
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑱-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0034
タイトル	通し筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	0~40cm
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0039
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑳-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0035
タイトル	通し筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	40~80cm
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0040
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	㉑-右側
撮影年月日	2009年7月29日

	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0041</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑤-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0041	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑤-右側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0046</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑩-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0046	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑩-右側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0041																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑤-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0046																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑩-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0042</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑥-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0042	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑥-右側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0047</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑪-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0047	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑪-右側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0042																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑥-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0047																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑪-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0043</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑦-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0043	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑦-右側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0048</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑫-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0048	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑫-右側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0043																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑦-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0048																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑫-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0044</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑧-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0044	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑧-右側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0049</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑬-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0049	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑬-右側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0044																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑧-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0049																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑬-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
	<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0045</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑨-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0045	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑨-右側	撮影年月日	2009年7月29日		<table border="1"> <tr><td>ID番号</td><td>0050</td></tr> <tr><td>タイトル</td><td>スターラップ筋 詳細</td></tr> <tr><td>写真大分類</td><td>調査</td></tr> <tr><td>写真整理区分</td><td>出来形管理写真</td></tr> <tr><td>工種</td><td>B008</td></tr> <tr><td>種別</td><td></td></tr> <tr><td>細別</td><td></td></tr> <tr><td>撮影箇所</td><td>⑭-右側</td></tr> <tr><td>撮影年月日</td><td>2009年7月29日</td></tr> </table>	ID番号	0050	タイトル	スターラップ筋 詳細	写真大分類	調査	写真整理区分	出来形管理写真	工種	B008	種別		細別		撮影箇所	⑭-右側	撮影年月日	2009年7月29日
ID番号	0045																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑨-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						
ID番号	0050																																						
タイトル	スターラップ筋 詳細																																						
写真大分類	調査																																						
写真整理区分	出来形管理写真																																						
工種	B008																																						
種別																																							
細別																																							
撮影箇所	⑭-右側																																						
撮影年月日	2009年7月29日																																						



ID番号	0051
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	①-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0056
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑥-左側
撮影年月日	2009年7月29日



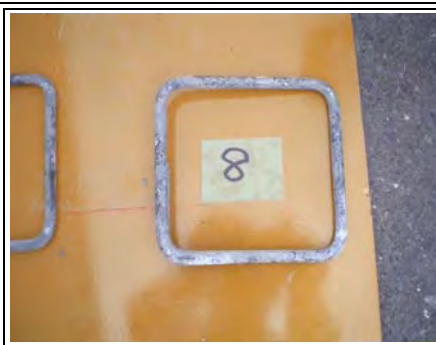
ID番号	0052
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	②-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0057
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑦-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0053
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	③-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0058
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑧-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0054
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	④-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0059
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑨-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0055
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑤-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0060
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑩-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0061
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑪-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0066
タイトル	通し筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	0~40cm
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0062
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑫-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0067
タイトル	通し筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	40~80cm
撮影年月日	2009年7月29日



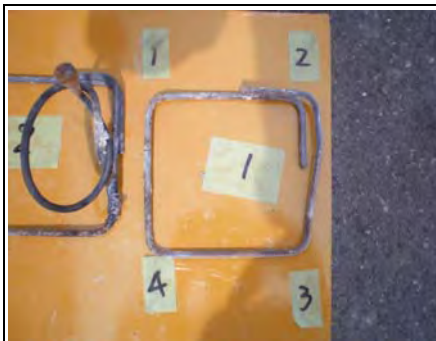
ID番号	0063
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑬-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0068
タイトル	通し筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	80~120cm
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0064
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	B008
種別	
細別	
撮影箇所	⑭-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0069
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	①-右側
撮影年月日	2009年7月29日



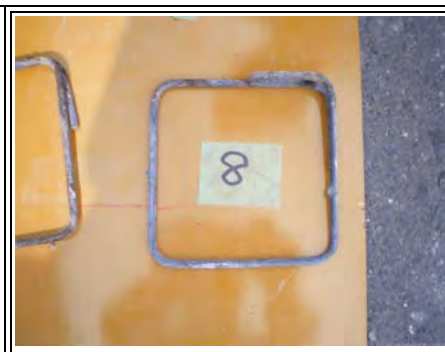
ID番号	0065
タイトル	鉄筋採取
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	全数
撮影年月日	2009年7月29日



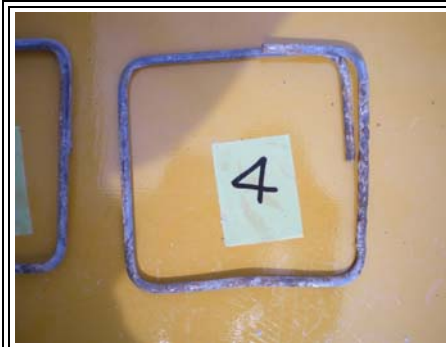
ID番号	0070
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	②-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0071
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	③-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0076
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑧-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0072
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	④-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0077
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑨-右側
撮影年月日	2009年7月29日



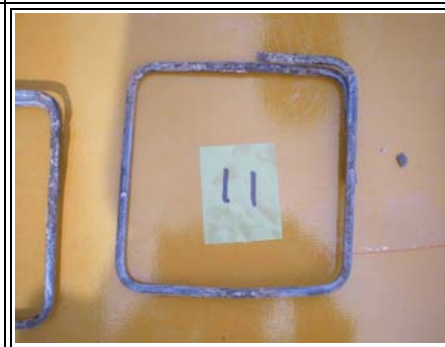
ID番号	0073
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑤-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0078
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑩-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0074
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑥-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0079
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑪-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0075
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑦-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0080
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑫-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0081
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑬-右側
撮影年月日	2009年7月29日



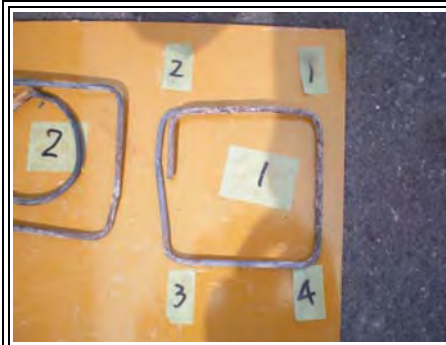
ID番号	0086
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	④-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0082
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑭-右側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0087
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑤-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0083
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	①-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0088
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑥-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0084
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	②-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0089
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑦-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0085
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	③-左側
撮影年月日	2009年7月29日



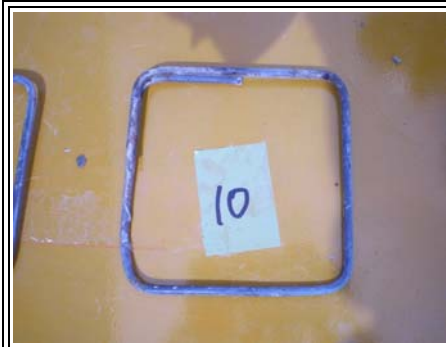
ID番号	0090
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	⑧-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0091
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	㊸-左側
撮影年月日	2009年7月29日



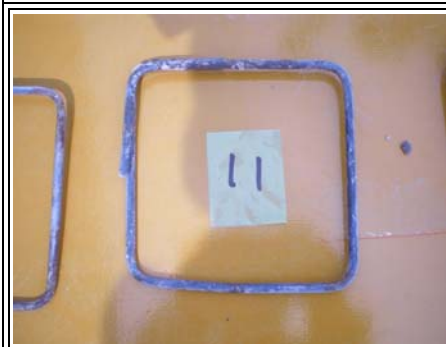
ID番号	0096
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	㊸-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0092
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	㊸-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0097
タイトル	供試体解体状況
写真大分類	調査
写真整理区分	施工状況写真
工種	
種別	
細別	
撮影箇所	
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0093
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	㊸-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0098
タイトル	供試体解体状況
写真大分類	調査
写真整理区分	施工状況写真
工種	
種別	
細別	
撮影箇所	
撮影年月日	2009年7月29日



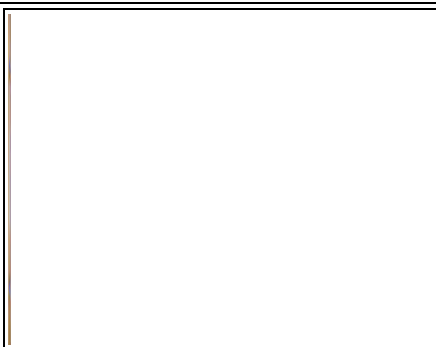
ID番号	0094
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	㊸-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0099
タイトル	供試体解体状況
写真大分類	調査
写真整理区分	施工状況写真
工種	
種別	
細別	
撮影箇所	
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	0095
タイトル	スターラップ筋 詳細
写真大分類	調査
写真整理区分	出来形管理写真
工種	A015
種別	
細別	
撮影箇所	㊸-左側
撮影年月日	2009年7月29日



ID番号	
タイトル	
写真大分類	
写真整理区分	
工種	
種別	
細別	
撮影箇所	
撮影年月日	



資料-6 エポキシ樹脂塗装鉄筋の試験結果（暴露 20 年）

## 1. 使用材料

セメント：早強ポルトランドセメント

水セメント比：40%

塗装材料：3種類（表-資 6.1 参照）

表-資 6.1 塗料材料

塗料 N社 ブルー (粉体樹脂塗装 2)

加工日	サイズmm		検査本数 本/全体数	外 観 有害な欠陥 なきこと	膜 厚			ピンホール 1,000V ≤5ヶ/m	曲げ加工性 5℃ 4Dd×180°	硬 度 (皮膜) ≥2H	備 考
	径	長さ			平均	最大	最小				
4/6	9	5,500	1/23	Good	196	230	160	0.8	Good	2H	予熱温度 230℃
	D10	6,000	1/4	Good	192	230	150	1.3	Good	2H	
	D13	5,500	1/11	Good	181	230	140	2.2	Good	2H	

塗料 D社 ブルー (粉体樹脂塗装 3)

加工日	サイズmm		検査本数 本/全体数	外 観 有害な欠陥 なきこと	膜 厚			ピンホール 1,000V ≤5ヶ/m	曲げ加工性 5℃ 4Dd×180°	硬 度 (皮膜) ≥2H	備 考
	径	長さ			平均	最大	最小				
4/6	9	5,500	1/23	Good	175	230	140	0.7	Good	2H	予熱温度 240℃
	10	6,000	1/4	Good	195	220	160	1.7	Good	2H	
	13	5,500	1/11	Good	170	220	130	1.3	Good	2H	

塗料 S社 (粉体塗装樹脂 3 M)

加工日	サイズmm		検査本数 本/全体数	外 観 有害な欠陥 なきこと	膜 厚			ピンホール 1,000V ≤5ヶ/m	曲げ加工性 5℃ 4Dd×180°	硬 度 (皮膜) ≥2H	備 考
	径	長さ			平均	最大	最小				
4/6	9	5,500	1/5	Good	186	230	150	0.7	Good	2H	予熱温度 230℃
	13	6,000	1/3	Good	191	230	140	1.3	Good	2H	

暴露試験体は、第3デッキに暴露された、かぶり 2.5cm の試験体である。

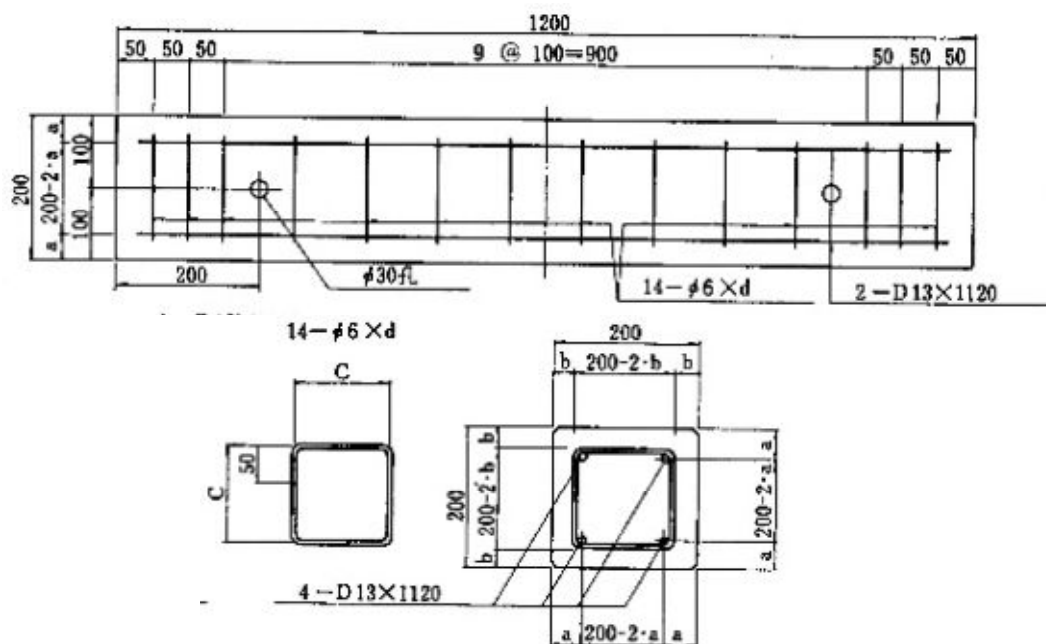


図-資 6.1 試験体寸法

表-資 6.2 暴露試験体

試験体 No.	塗装材料	欠陥の有無	今回試験
B014	粉体樹脂塗装 2	クラック	○
B016	粉体樹脂塗装 3	ピンホール	○
B018	粉体樹脂塗装 3M	無	○

注) ピンホール、クラックに関しては詳細不明

## 2. 疲労試験内容

### 2.1 試験片形状

図-資 6.2 に示すように、つかみ間隔 390mm (30φ) とした。JIS G 3112 「鉄筋コンクリート棒鋼」の引張試験は、JIS Z 2201 「金属材料引張試験片」に示される 2号試験片とされており、つかみ範囲は 10φ とされているが、ピンホール測定やエポキシ樹脂の変化を観察するため 3 倍の長さとした。

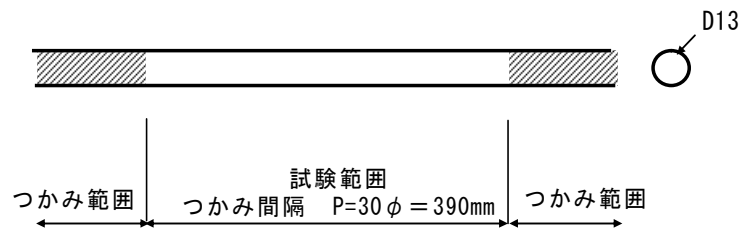


図-資 6.2 試験片寸法

### 2.2 試験装置

#### (1) 疲労試験機

- 载荷能力 : ±200kN サーボパルサ
- 繰り返し速度 : 10Hz
- つかみ具 : くさび形つかみ具 (特注品)



写真-資 6.1 疲労試験機

(2) ピンホール測定器

ピンホール試験は JSCE-E 512 「エポキシ樹脂塗装鉄筋のピンホール試験方法（案）」に従って実施する。試験器は、同規準に示されるホリデーディテクターおよび探触子とする。



写真-資 6.2 ピンホール測定状況

## 2.3 試験方法

### ①試験片の切り出し

目視により健全な部分を選定し，試験片とする。

### ②初期ピンホール測定

試験範囲（定着具近傍を除く約 300mm）のピンホール測定を行う。

試験前初期値として黒色マーキングを行う。

代表的なピンホールを 1 箇所選定し，拡大写真を撮影する（倍率×25，×50，×100）。

初期ピンホール位置のスケッチを行う。

### ③疲労試験

疲労試験載荷条件は，常温のもとで行う。

載荷荷重は次の通りである。

上限応力度：180N/mm<sup>2</sup>，下限応力度：150N/mm<sup>2</sup>

### ④ピンホール測定

1 万回，10 万回，50 万回，100 万回，200 万回にピンホール測定を実施する。

要領は②と同じ。

新たに発生したピンホールには赤色マーキングを行う。

新たに発生したピンホールのうち，2 箇所の拡大写真を撮影する。

スケッチには新たに発生したピンホールと疲労回数を記入する。

### ⑤引張試験

200 万回終了後引張試験を実施する。

降伏荷重，破断荷重，破断伸び，（応力－ひずみ曲線）

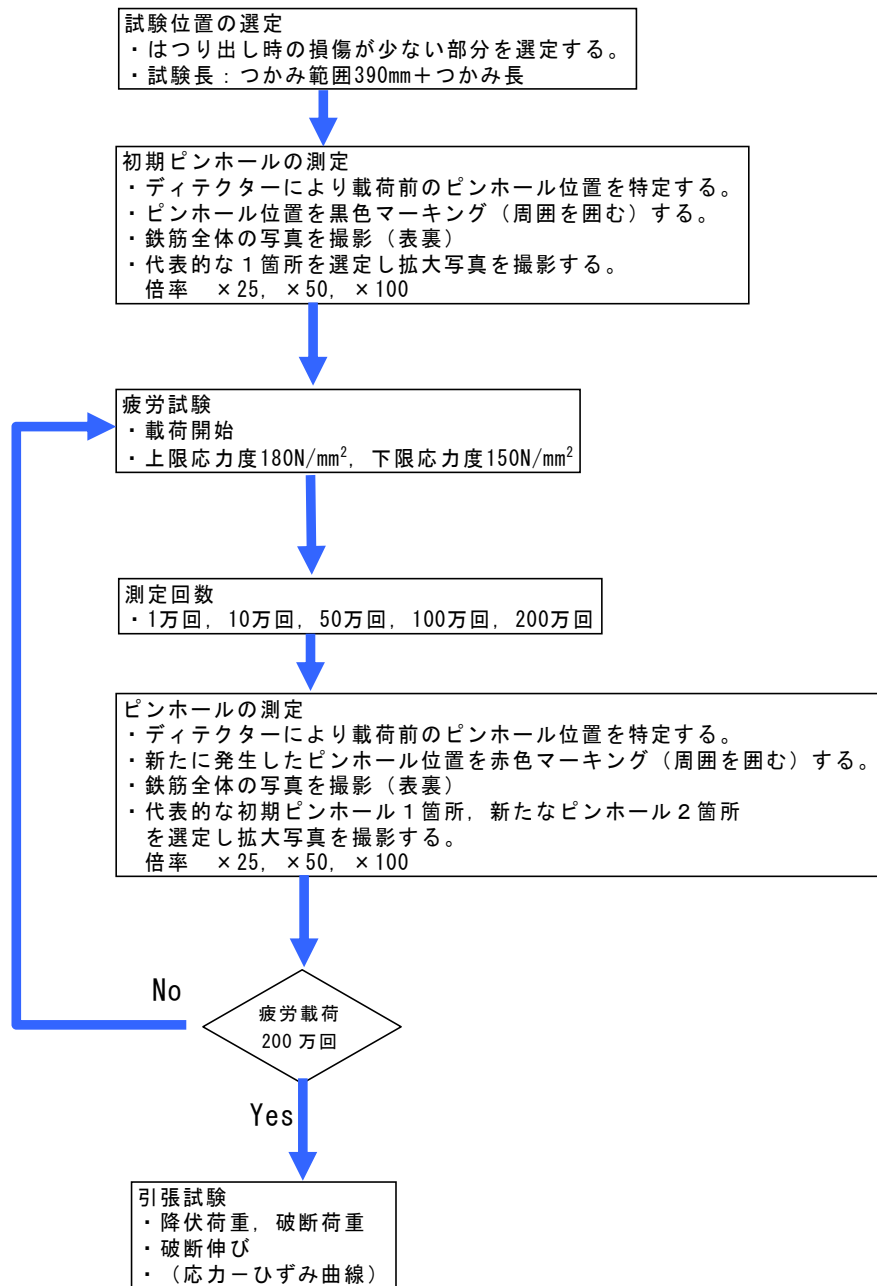


図-資 6.3 実験フロー

### 3. 疲労試験結果

#### (1) B014 (粉体樹脂塗装 2) 試験体

B014 試験体の外観は、比較的損傷もなく、エポキシ樹脂が劣化して剥離している現象も認められなかった。コンクリート梁からはつり出す際に損傷を受けたと思われる箇所が認められたが、エポキシ表面の光沢も新品と同程度ではないかと思われる。試験前の試料を写真-資 6.3 に、損傷のスケッチを図-資 6.4 に示す。

損傷箇所 No. 1 および No. 2 は、試験前から確認できた損傷箇所である。写真-資 6.4 および写真-資 6.5 に損傷状況の写真を示す。取り出し時のピック等が接触した痕と思われる、腐食した状況は認められなかった。試験前と 200 万回の疲労試験後を比較しても損傷部分の亀裂の拡大等は認められなかった。

損傷箇所 No. 3 は、疲労回数 1 万回でピンホール試験によって検出された損傷部位である。コンクリート中の砂が押しつけられた痕のような損傷で、多くの点状の損傷痕が観察できる。この痕跡は疲労試験によって生じたと判断するより、取り出し時に生じたものが初回のピンホール試験で検出できなかったことが原因と考えられる。損傷箇所 No. 4 は、疲労回数 1 万回で検出された損傷部位であるが、鉄筋ふし凸部に受けた傷のように観察される。疲労試験で発生した亀裂のようなものではなく、初回のピンホール試験で検出できなかった損傷部と思われる。

B014 試験体の疲労試験の結果、エポキシ樹脂塗装材が疲労によって新たに発生した亀裂等の損傷は発見できなかった。また、試験前に生じた損傷部の進展も認められなかった。



写真-資 6.3 B014 試験体 (粉体樹脂塗装 2)

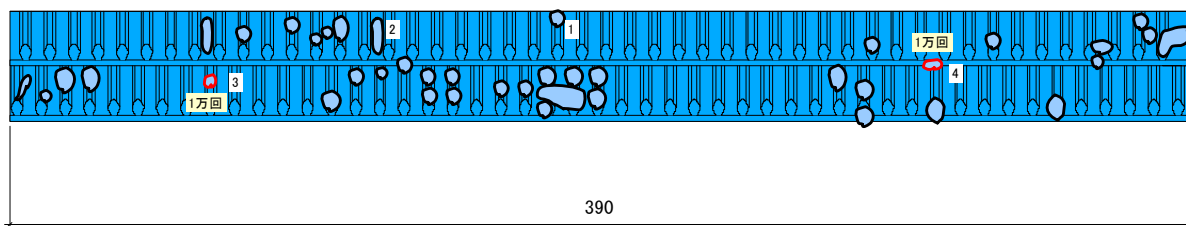


図-資 6.4 損傷状況 (B014 試験体)



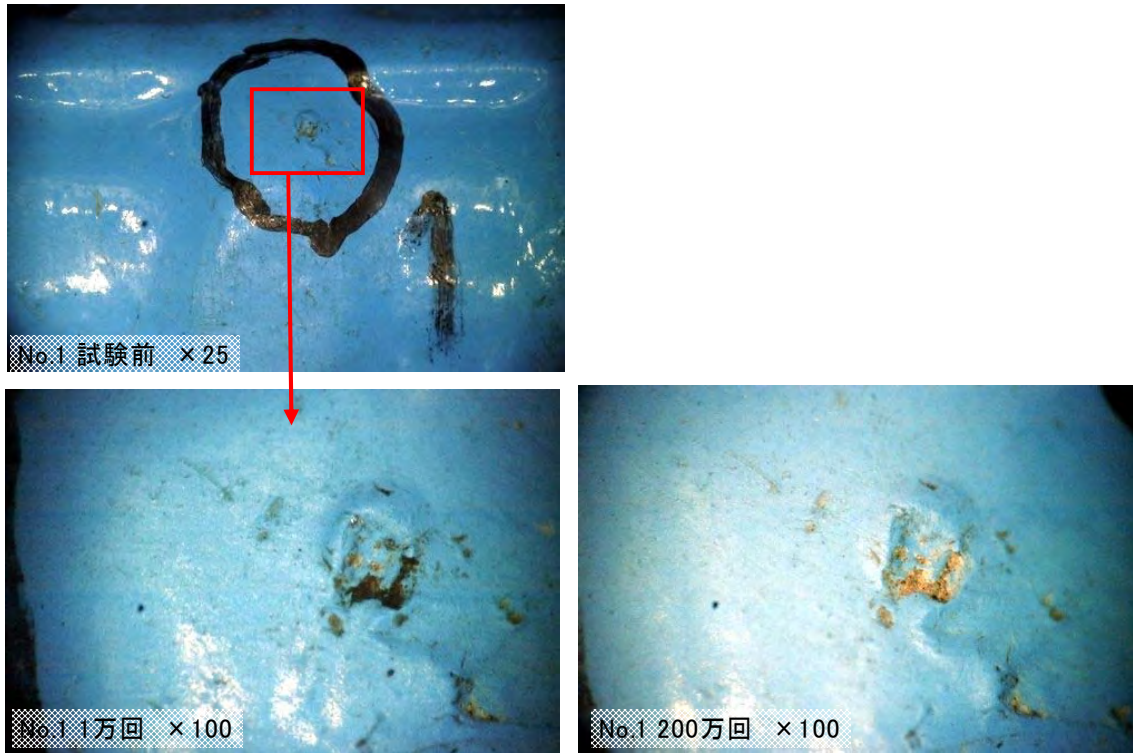


写真-資 6.4 No. 1 位置損傷状況

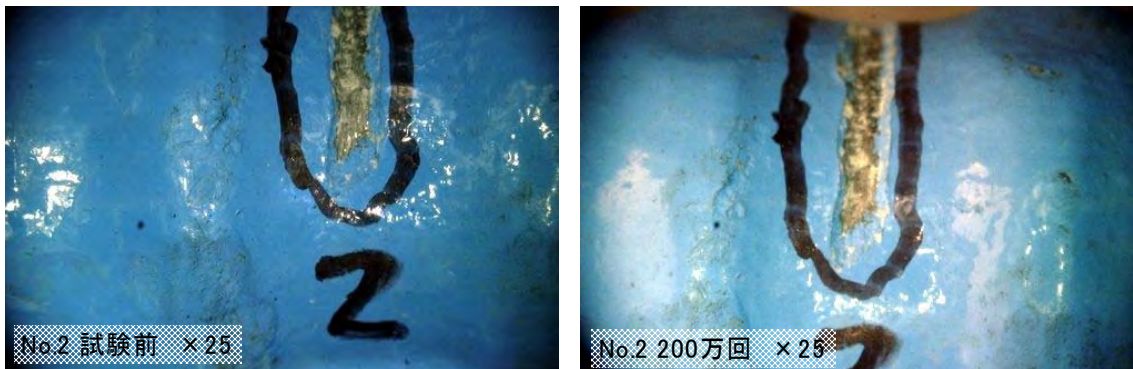


写真-資 6.5 No. 2 位置損傷状況 (B014 試験体)

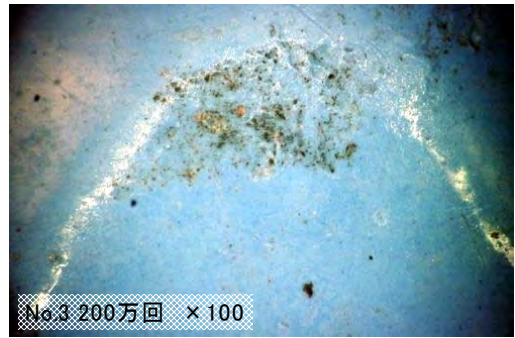
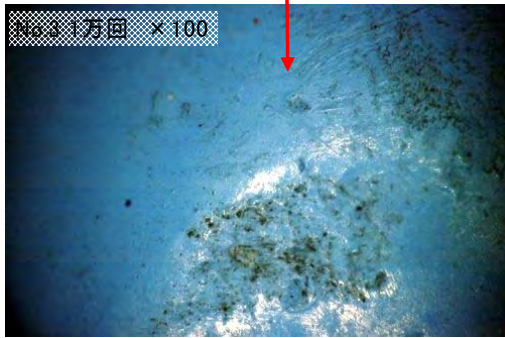
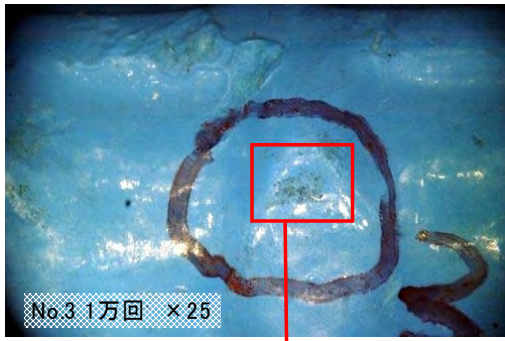


写真-資 6.6 No. 3 位置損傷状況 (B014 試験体)

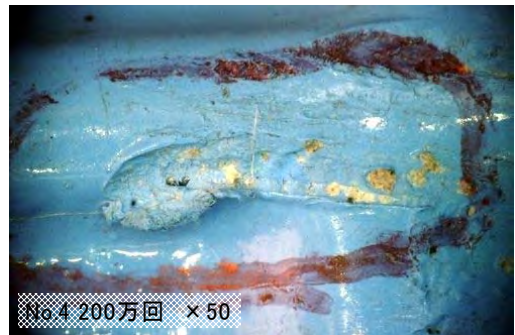
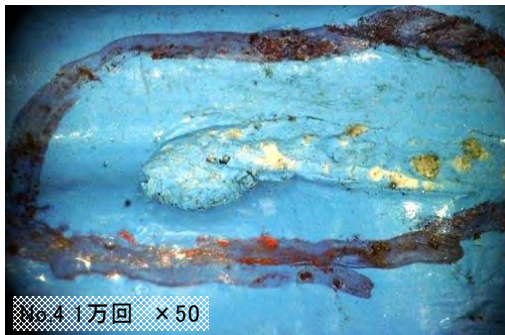


写真-資 6.7 No. 4 位置損傷状況 (B014 試験体)

## (2) B016 (粉体樹脂塗装 3) 試験体

B016 試験体の表面は、B014 試験体に比べて白化しており、光沢が全くない状態であった。エポキシ樹脂は母材から剥離している部分が多く認められた。試験体を写真-資 6.8 に示す。損傷箇所を図-資 6.5 に示す。ピンホール試験で損傷箇所が多く検出されたが、その多くはふしの凸部に位置する部分に集中している。

損傷部 No. 1 および No. 2 は、疲労試験前に認められた損傷部である。写真-資 6.9 および写真-資 6.10 にその状況を示す。損傷部位は多く存在したが、代表的な 2 点を選定した。No. 1 は鉄筋の縦リブに生じた損傷であり、拡大写真で確認しても損傷箇所が明確にわからない。No. 2 はリブの谷間に生じた穴状の損傷部である。いずれも損傷部から錆汁等の腐食は認められていない。損傷部 No. 3～No. 7 は疲労回数 10 万回で確認できた損傷部である。拡大写真でも明確に損傷部位が確認できない。写真-資 6.11～写真-資 6.13 に損傷状況を示す。また、疲労回数 200 万回においても損傷部位に亀裂等の損傷は認められていない。損傷部 No. 5 には、三角形の塗装材の剥離のような傷が認められる。何時生じたか定かでないが、損傷部から腐食が生じた様子は確認できない。また、200 万回の疲労に対して損傷部の拡大は認められない。



写真-資 6.8 B016 試験体 (粉体樹脂塗装 3)

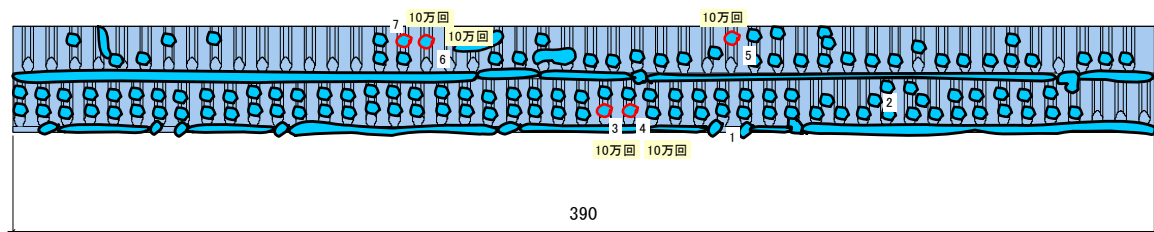


図-資 6.5 損傷状況 (B016 試験体)

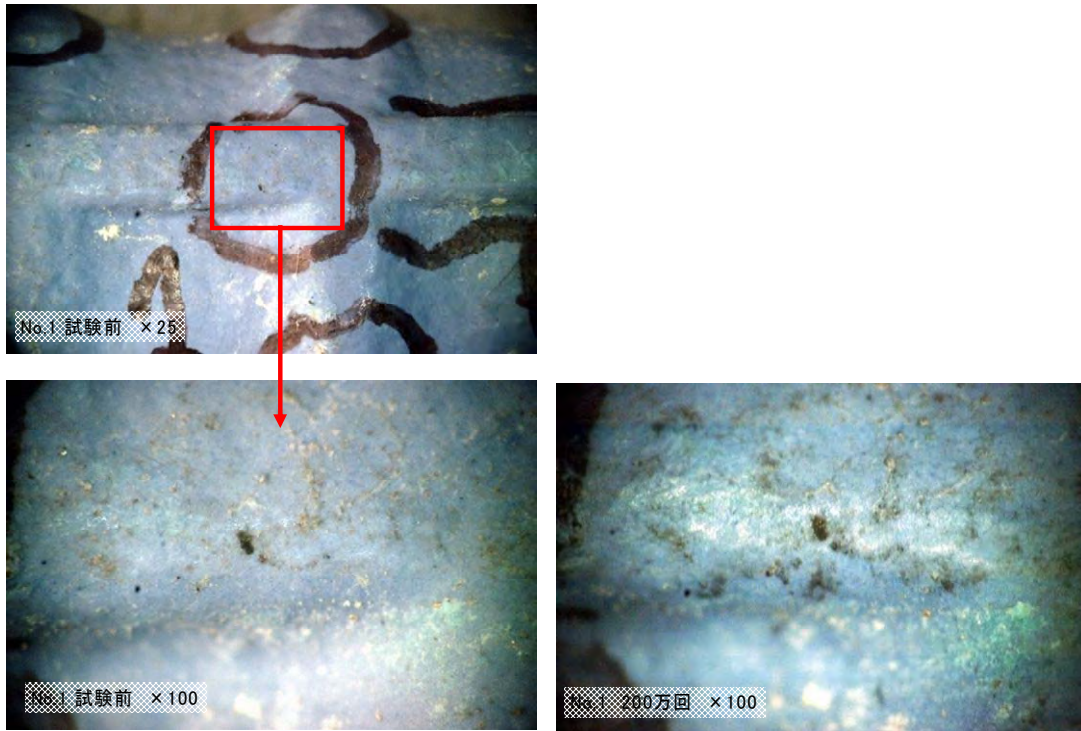


写真-資 6.9 No. 1 位置損傷状況 (B016 試験体)

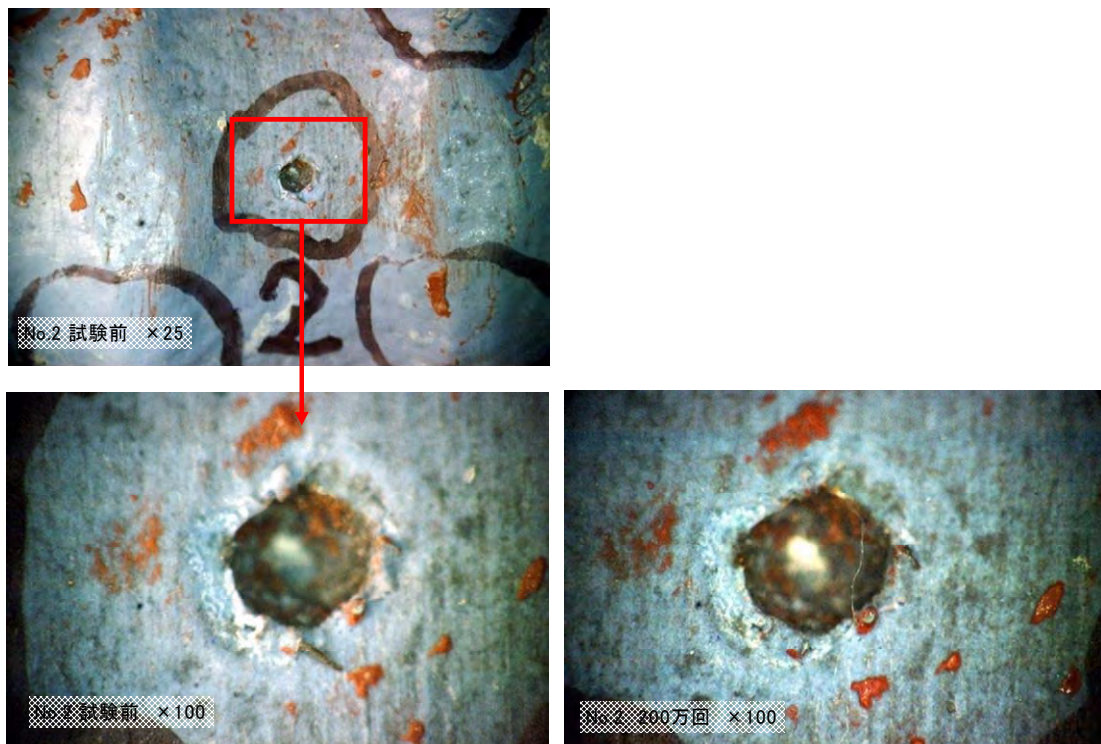


写真-資 6.10 No. 2 位置損傷状況 (B016 試験体)

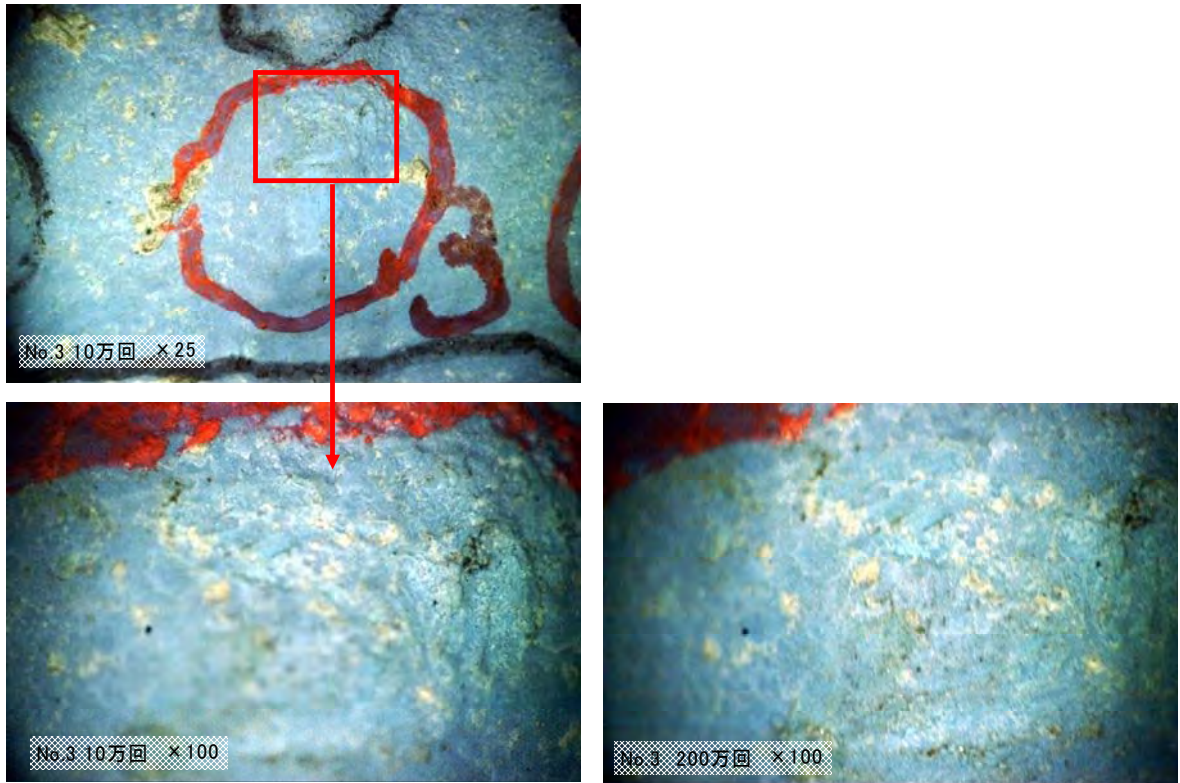


写真-資 6.11 No. 3 位置損傷状況 (B016 試験体)

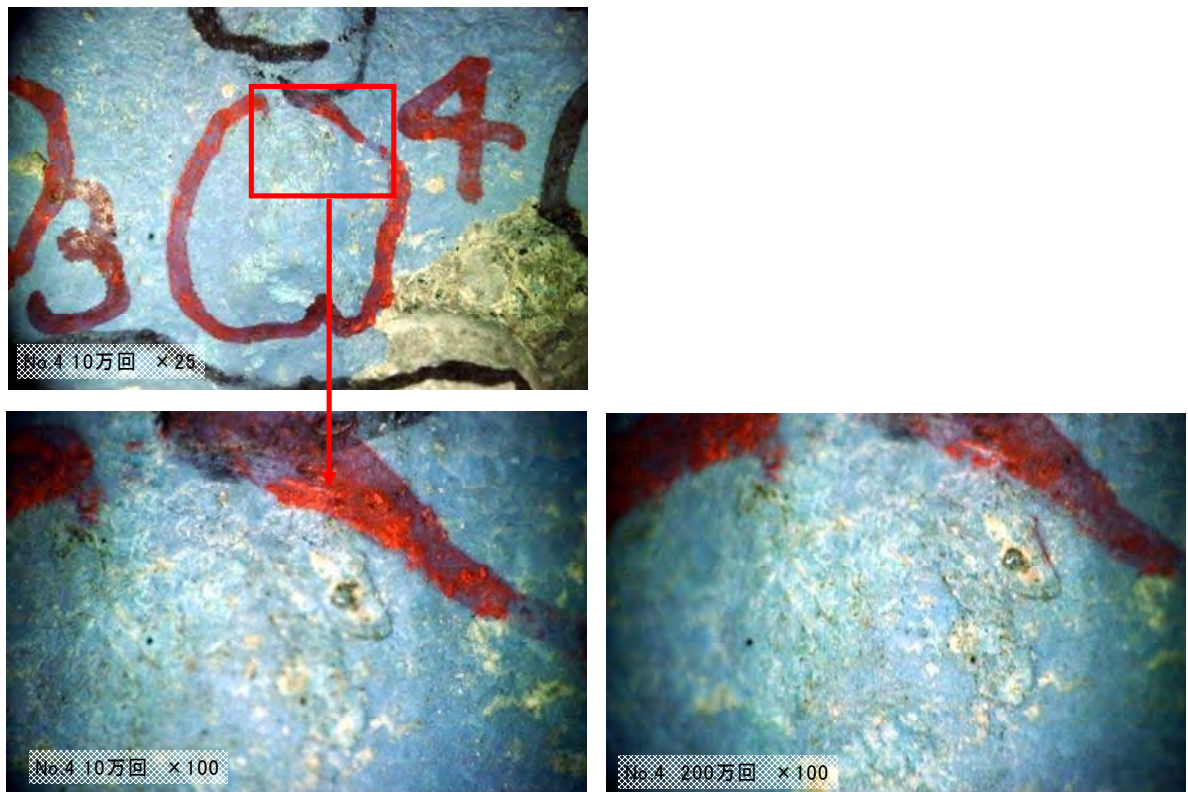


写真-資 6.12 No. 4 位置損傷状況 (B016 試験体)

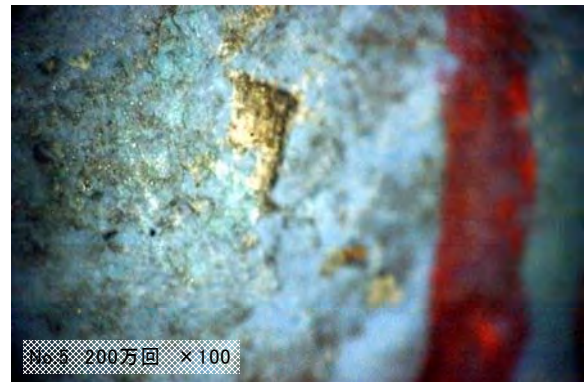


写真-資 6.13 No. 5 位置損傷状況 (B016 試験体)

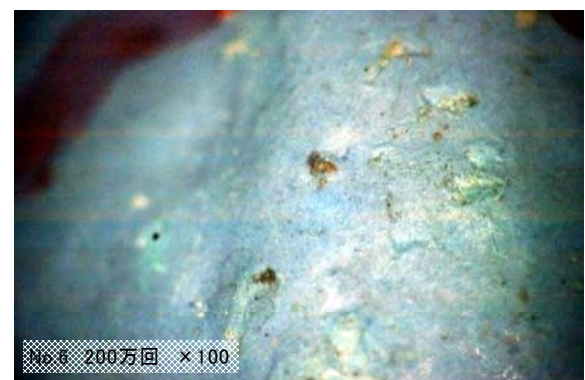
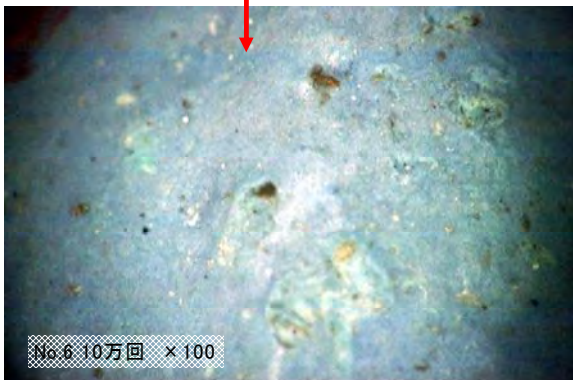


写真-資 6.14 No. 6 位置損傷状況 (B016 試験体)

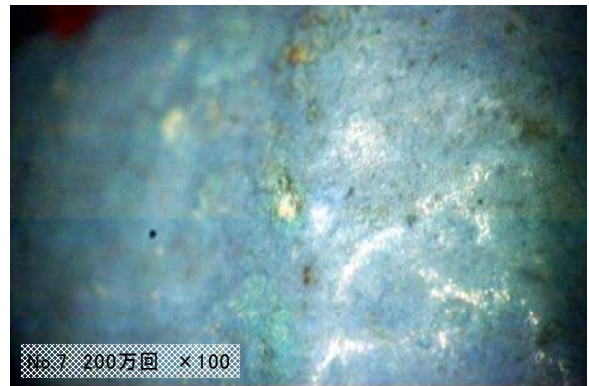
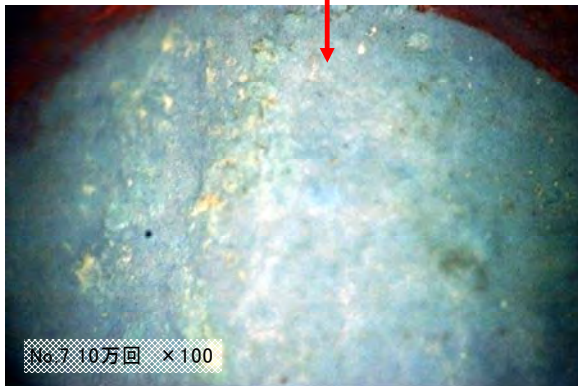
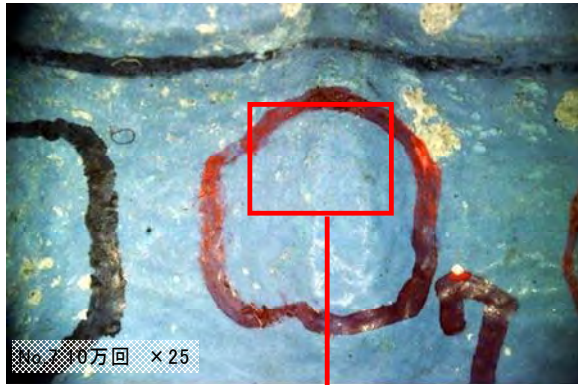


写真-資 6.15 No. 7 位置損傷状況 (B016 試験体)

### (3) B018 (粉体樹脂塗装 3M) 試験体

B018 試験体の表面は、光沢が失われているが、顕著な剥離等の損傷は認められない。ピンホールによる損傷検出箇所は、B014 試験体より多い傾向にあるが、B016 試験体より少ない。試験前に観察された No. 1 および No. 2 損傷部に着目して疲労試験を開始した。写真-資 6. 17 および写真-資 6. 18 に示す。No. 1 はリブの頂部に位置しており、こすれ等によって塗膜が薄くなった部位ではないかと考えられる。No. 2 は、塗膜に損傷がある部位で、内部の鉄筋に腐食は認められない。これより、試験体摘出時に損傷を受けたものと推察される。200 万回载荷後の状況は、いずれの部位も大きな変化は認められなかった。

No. 3 は 1 万回の疲労回数で検出した部位である。写真-資 6. 19 に損傷状況を示す。リブの頂部に位置し、圧迫を受け塗装材に損傷が生じたような痕跡が観察できる。このことより、試験体取り出し時に生じたものを初回の測定で検出できなかったものと推察される。200 万回载荷後においても損傷の進展は認められない。

No. 4 は 50 万回で検出された部位である。写真-資 6. 20 に損傷状況を示す。この部位も No. 3 と同様に圧迫を受け損傷が生じたものと考えられるが、塗膜の剥離は認められないため、初回の検出が困難であったものと思われる。疲労試験によって塗膜の損傷が広がり検出可能になったものと考えられる。

No. 5 は 100 万回で検出されたものである。写真-資 6. 21 に損傷状況を示す。No. 4 と同じく、当初あった損傷部が開き検出されたものではないかと推察される。

No. 6～No. 9 は 200 万回後に検出された部位である。写真-資 6. 22～写真-資 6. 25 に示す。いずれもリブの頂部付近に位置し、写真でも十分に損傷部位を確認できない。

以上より、主にリブの頂部に損傷が発生しており、試験体摘出時に何らかの損傷を受けた部分が疲労試験とともに損傷部として検出されたと考えられる。



写真-資 6. 16 B018 試験体 (粉体樹脂塗装 3M)

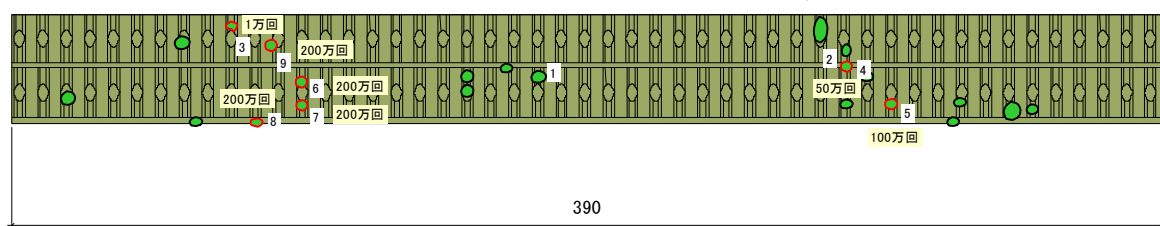


図-資 6. 6 損傷状況 (B018 試験体)



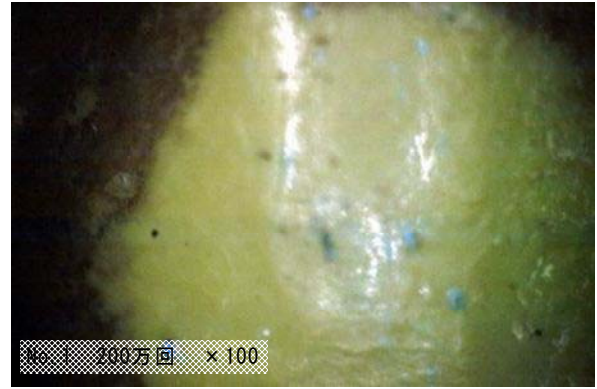
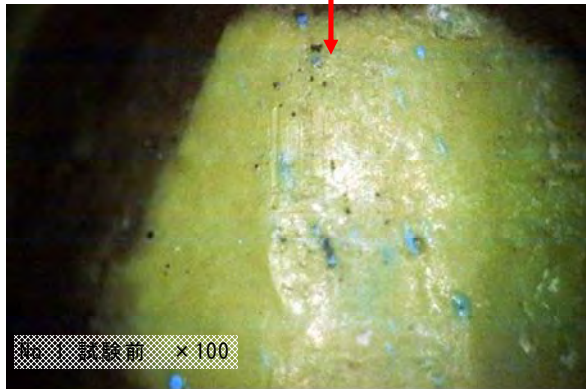
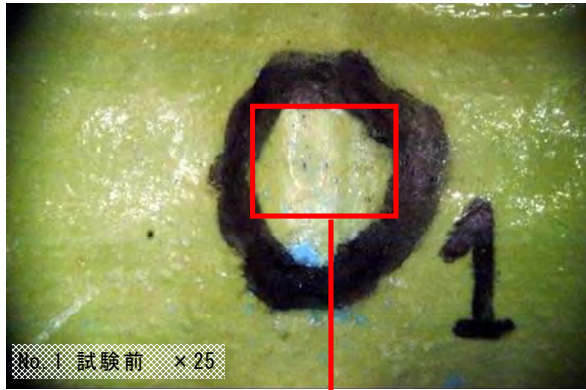


写真-資 6.17 No. 1 位置損傷状況 (B018 試験体)

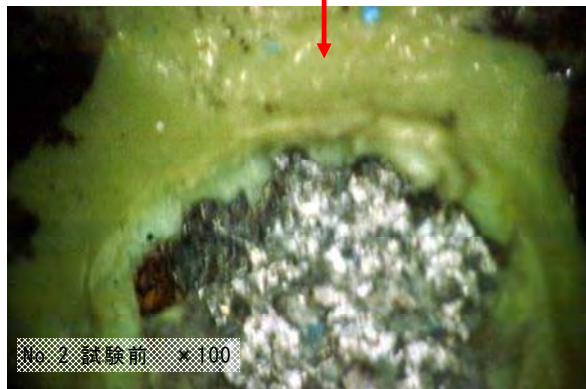


写真-資 6.18 位置損傷状況 (B018 試験体)

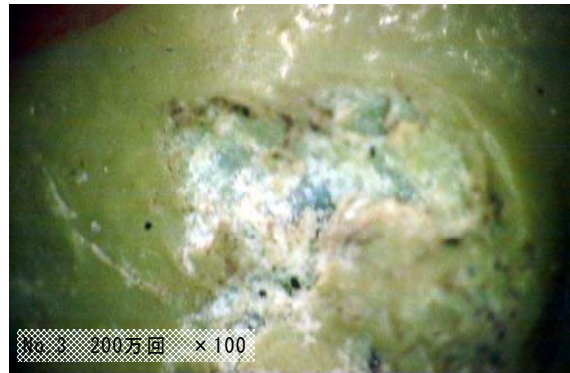
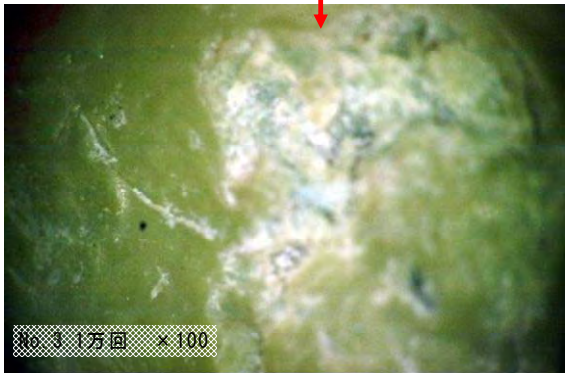
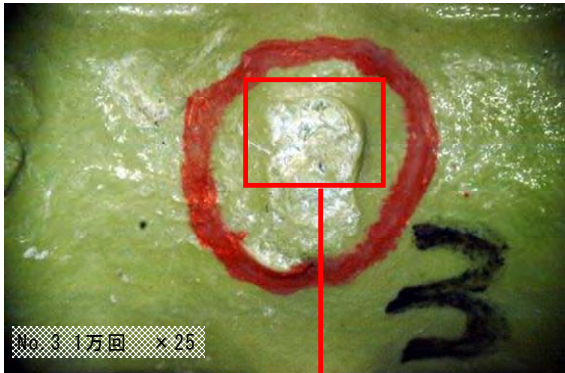


写真-資 6.19 No. 3 位置損傷状況 (B018 試験体)

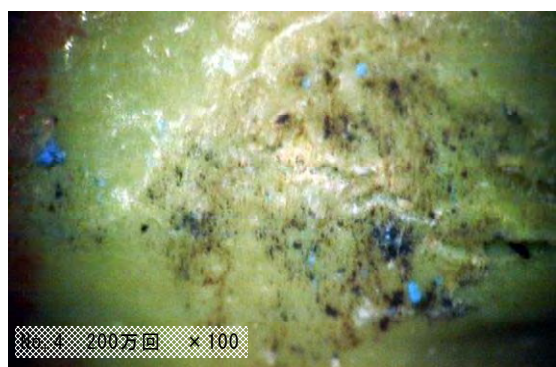
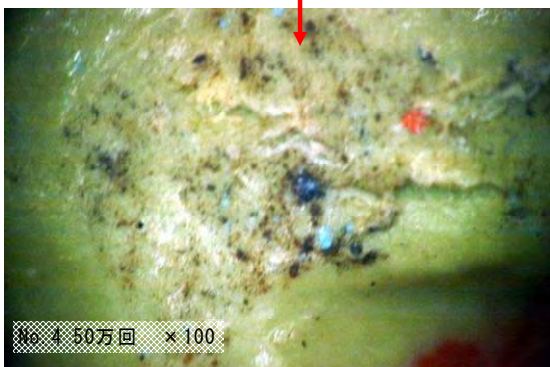
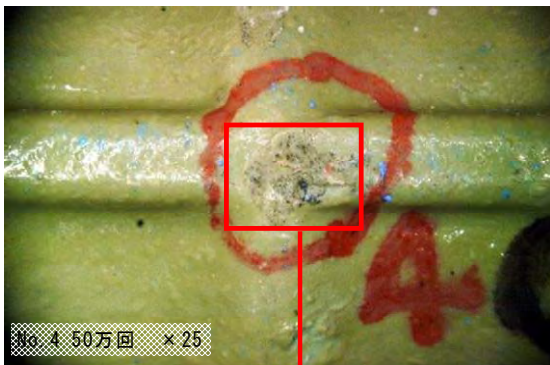


写真-資 6.20 No. 4 位置損傷状況 (B018 試験体)

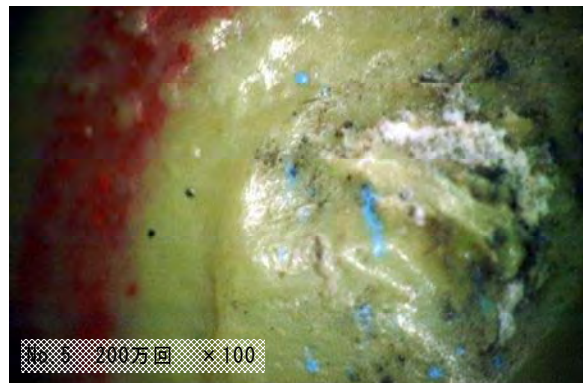
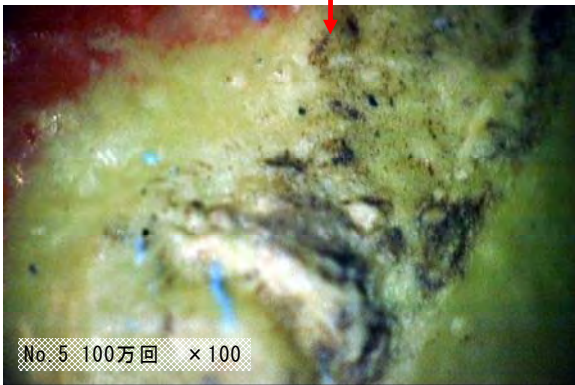


写真-資 6.21 No. 5 位置損傷状況 (B018 試験体)

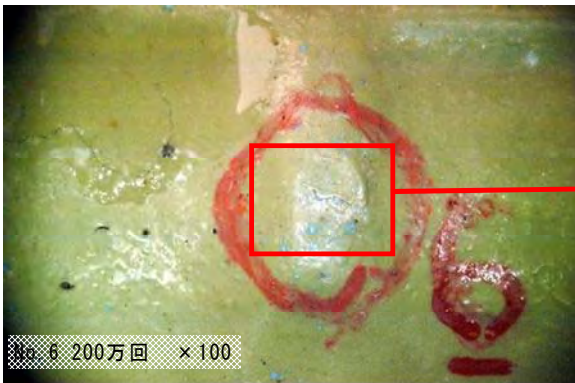


写真-資 6.22 No. 6 位置損傷状況 (B018 試験体)

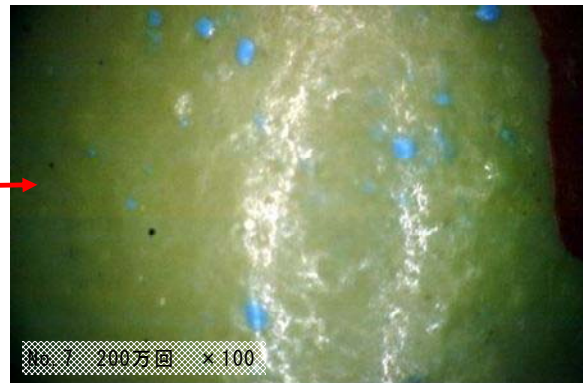
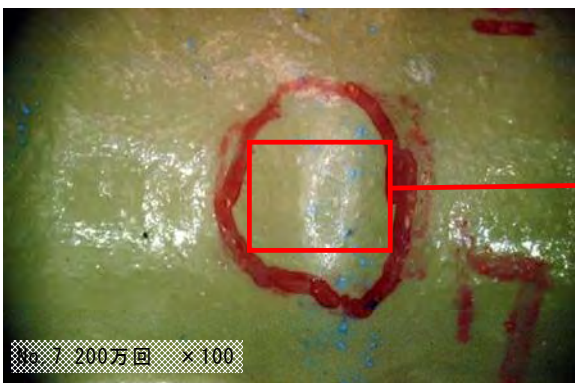


写真-資 6.23 No. 7 位置損傷状況 (B018 試験体)

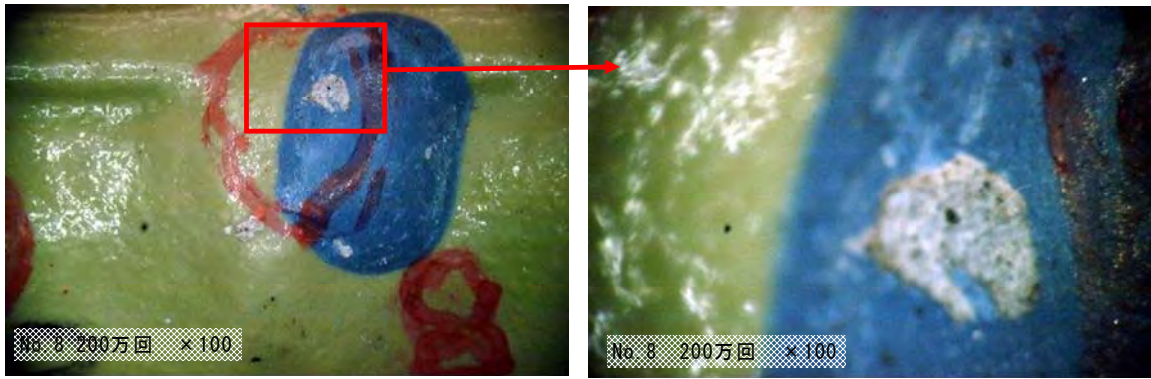


写真-資 6.24 No. 8 位置損傷状況 (B018 試験体)

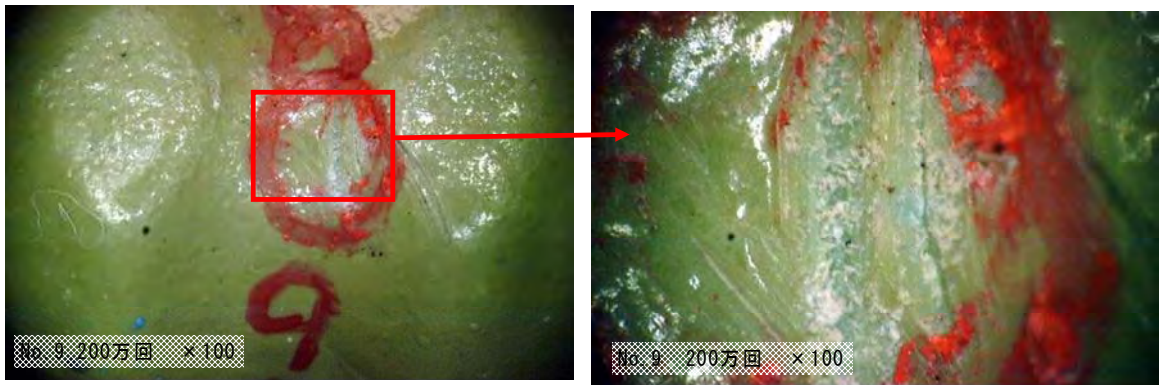


写真-資 6.25 No. 9 位置損傷状況 (B018 試験体)

#### 4. EPMA 測定結果

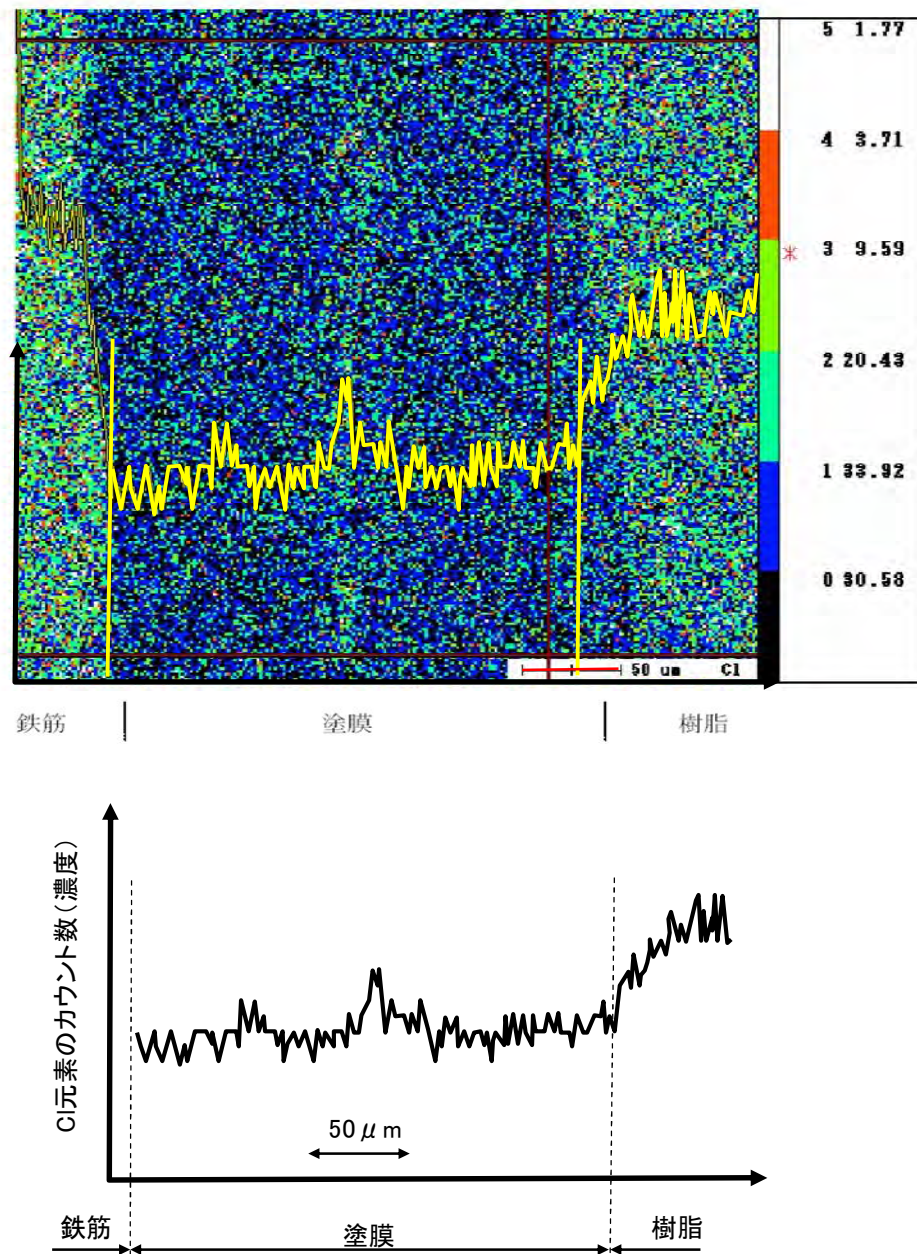


図-資 6.7 EPMA 測定結果 (B014 試験体)

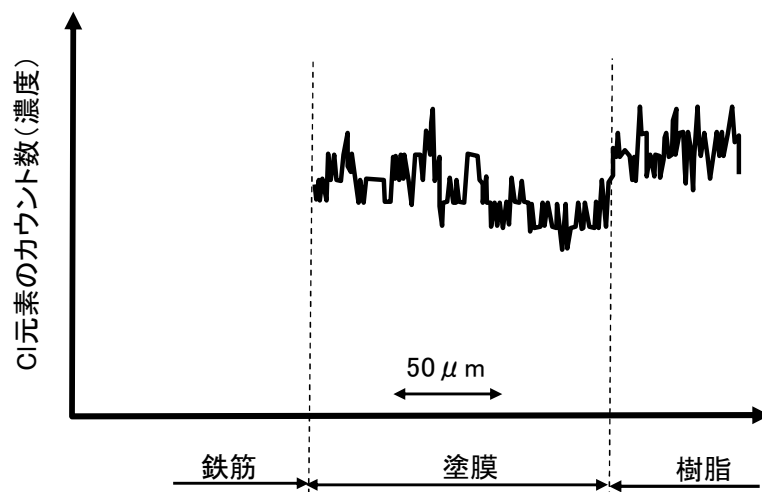
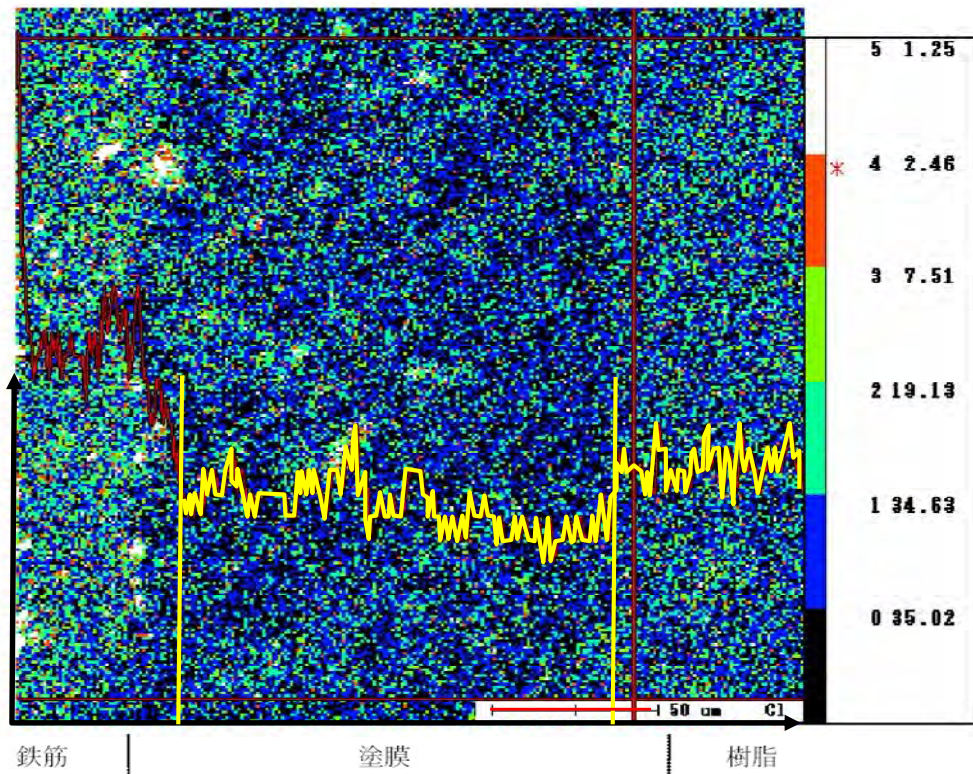


図-資 6.8 EPMA 測定結果 (B016 試験体)



資料-7 亜鉛めっき鉄筋の試験結果（暴露 25 年）



## 1. 試験対象

試験の対象は、第3デッキに暴露した試験体 No. B008 である。暴露した試験体のコンクリート中の鉄筋から、はつり出しによる損傷が少ない箇所を抽出した。試験片の抽出箇所を図-資 7.1 に示す。

表-資 7.1 試験対象

試験体No.	形状寸法	PC, RC	かぶり	セメント	水セメント比	塗装鉄筋	暴露デッキ
B008	200×200×1200	RC	25mm	早強	40%	亜鉛めっき	第3デッキ



写真-資 7.1 コンクリート中の鉄筋はつり出し状況

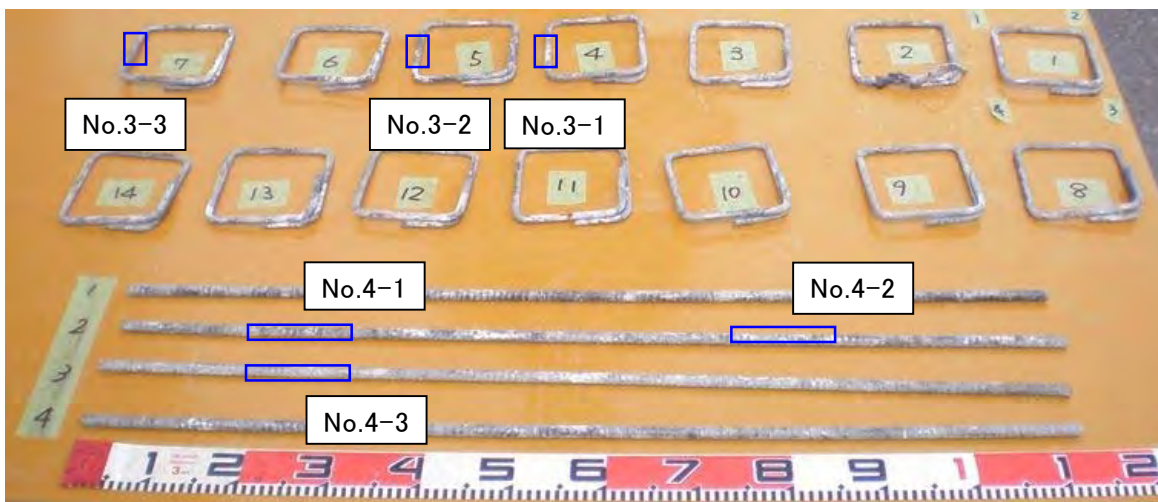


写真-資 7.2 コンクリート中の鉄筋はつり出し

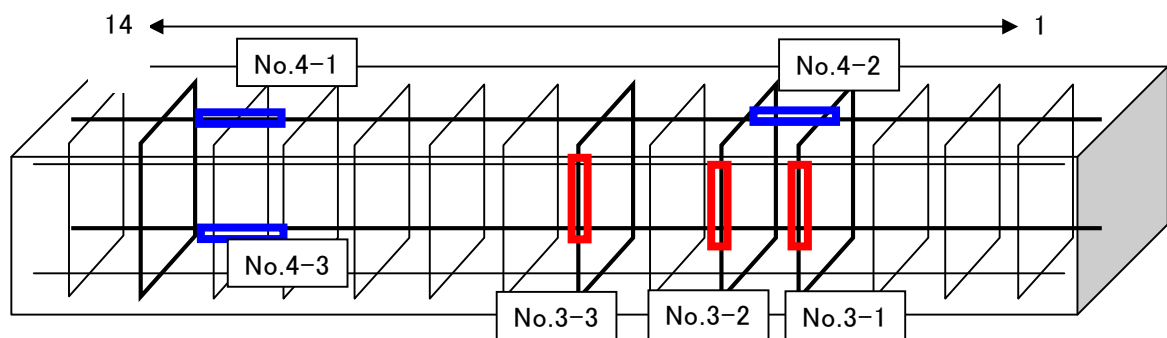


図-資 7.1 試験箇所

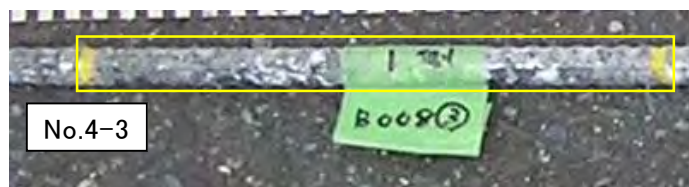
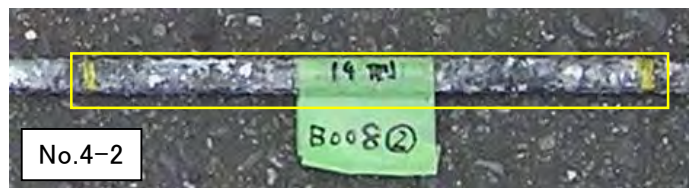
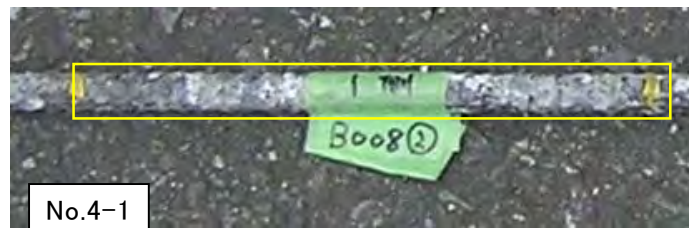
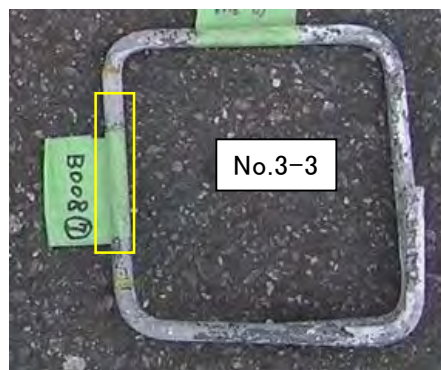
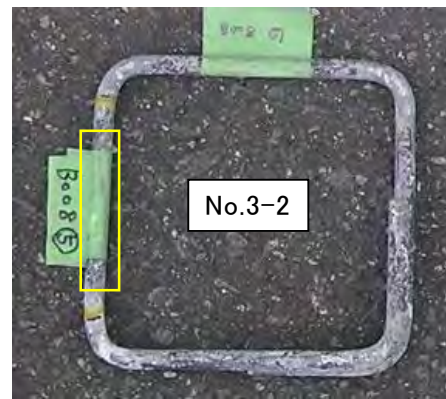
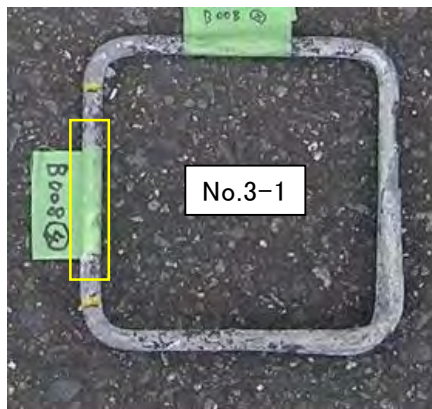


写真-資 7.3 試験片の抽出

## 2. 試験方法

亜鉛めっき鉄筋の付着量試験方法（土木学会 『亜鉛めっき鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針（案）』 1980年4月を参考）

### (a) 試験片

製品から 300～600mm の試験片を採る。ただし、本試験では、軸方向の異形鉄筋を 200mm、スラータップの丸鋼を 100mm の試験片を用いた。

### (b) 試験液

三塩化アンチモン 32g または三酸化アンチモン 20g に対して塩酸 1ℓ の割合に溶解したものを原液とする。試験の直前にこの原液 5ml を塩酸 100ml に加えたものを試験液とする。

### (c) 試験片の清浄

試験片はベンゼン、石油ベンジン、トリクロロエチレンまたは四塩化炭素などの純粋な溶液で洗浄し、もし必要があれば酸化マグネシウムのペーストで軽くこすり、水洗の後エチルアルコールで洗い十分に乾燥する。

### (d) 操作

洗浄した試験片を 0.01g までひょう量する。容器に比して長すぎるときは、線を適当に曲げるか、巻くかして、試験片が完全に試験液に浸るようにする。

水素の発生が少なくなり、めっき層が除去されたならば取り出し、水洗し、綿布でよくぬぐった後、十分に乾燥する。再び 0.01g までひょう量した後、その径を同一箇所でお互いに直角の方向に 0.01mm まで測定し、その平均値を求める。

### (e) 付着量の計算

製作当時の品質試験結果では、めっきの付着量の算出方法が、丸鋼では直径から円周を算出し表面積を求めている。異形鉄筋では、公称周長を用いて表面積を算出している。本試験結果においても、丸鋼については測定した直径から表面積を算出し、異形鉄筋は公称周長から表面積を算出した。それぞれ算出した表面積を用いて下記の式において付着量の算出を行う。

$$A = \frac{W_1 - W_2}{S} \times 10^6$$

ここに、 $A$  : 付着量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ )

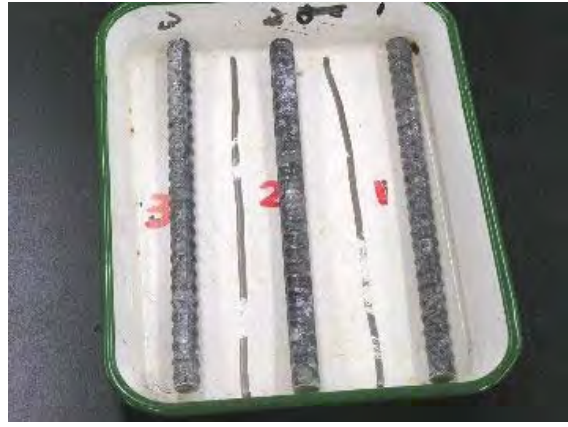
$W_1$  : 試験片のめっき皮膜を除去する前の質量 (g)

$W_2$  : 試験片のめっき皮膜を除去した後の質量 (g)

$S$  : 試験片のめっき部分の表面積 ( $\text{mm}^2$ )



ベンゼンによる洗浄



試験前



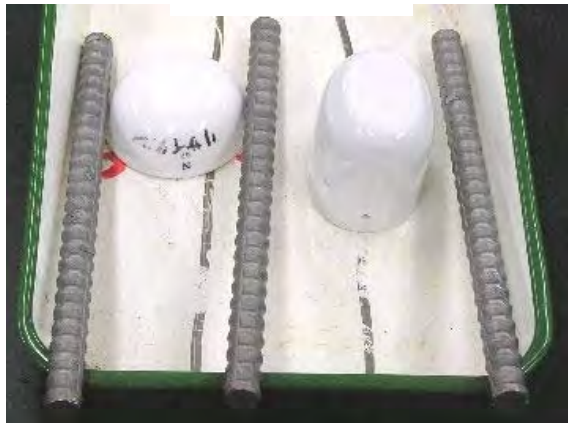
試験片浸漬状況



試験片浸漬状況



水洗い状況



試験後

写真-資 7.4 試験片の抽出

### 3. 付着量試験結果

亜鉛めっき鉄筋の付着量について、表-資 7.2 に製作当時の試験結果、表-資 7.3 に製作から 25 年経過後の試験結果を示す。また、図-資 7.2 に製作当時と製作から 25 年経過したときの比較を示す。

表-資 7.2 製作当時における亜鉛めっき鉄筋の付着量試験結果

番号	供試材	めっき付着量試験						備考
		試験片					めっき付着量 g/m <sup>2</sup>	
		寸法	めっき面積	重量g				
		mm	cm <sup>2</sup>	試験前(A)	試験後(B)	(A)-(B)		
1-1	RB9	203.1	57.4	101.93	96.34	5.59	974	
1-2	"	208.4	58.9	104.93	99.31	5.62	954	
2-1	D13	205.7	82.3	199.60	193.06	6.54	795	
2-2	"	201.0	80.4	195.10	188.47	6.63	825	

表-資 7.3 製作から 25 年経過後における亜鉛めっき鉄筋の付着量試験結果

番号	供試材	めっき付着量試験						備考
		試験片					めっき付着量 g/m <sup>2</sup>	
		寸法	めっき面積	重量g				
		mm	cm <sup>2</sup>	試験前(A)	試験後(B)	(A)-(B)		
3-1	RB9	103.5	28.4	51.11	48.63	2.48	873	直径8.74mm
3-2	"	104.2	28.9	51.94	49.28	2.66	921	直径8.82mm
3-3	"	107.3	29.3	51.67	48.89	2.78	950	直径8.68mm
4-1	D13	201.8	80.7	196.70	189.77	6.93	859	公称周長4mm
4-2	"	203.3	81.3	197.65	190.73	6.92	851	
4-3	"	201.9	80.8	195.80	188.97	6.83	846	

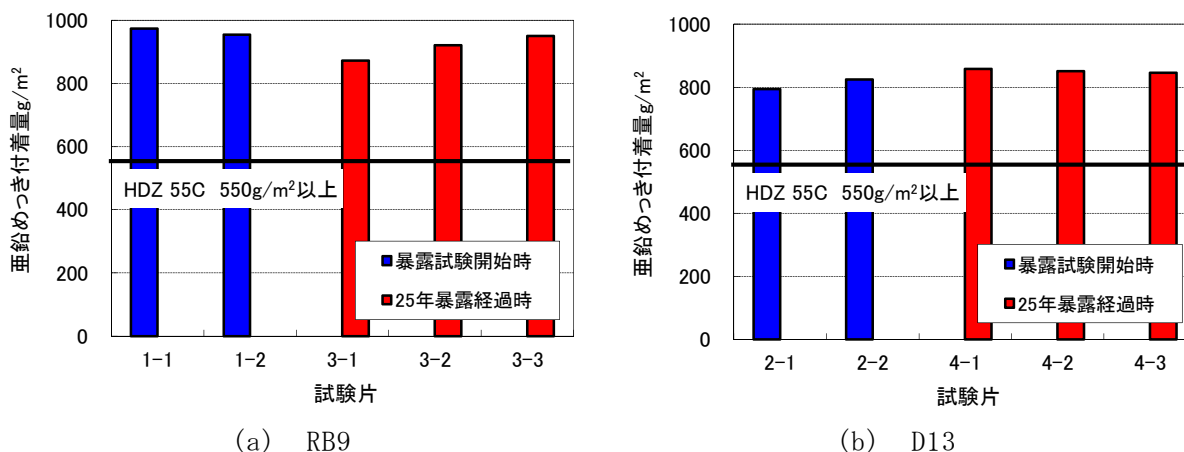
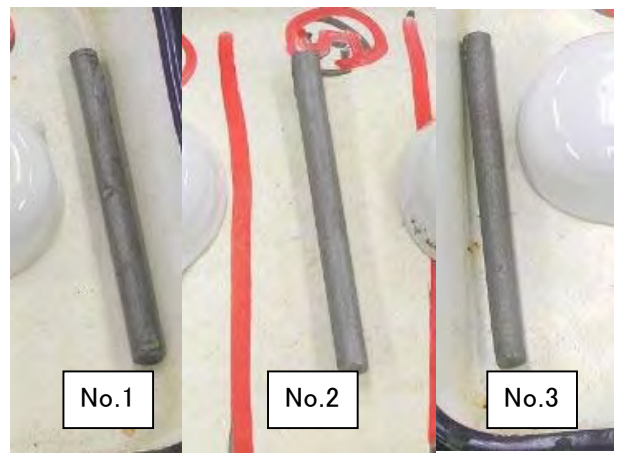
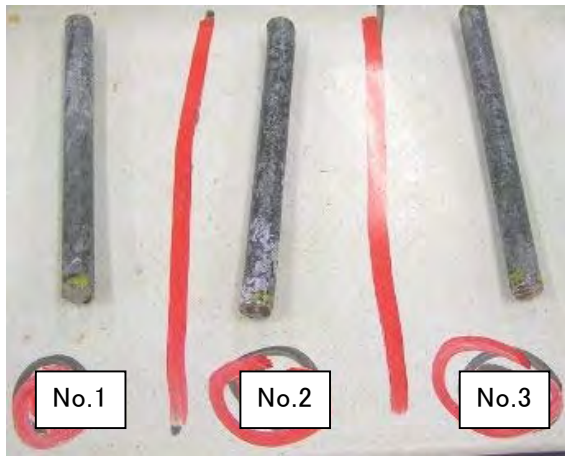


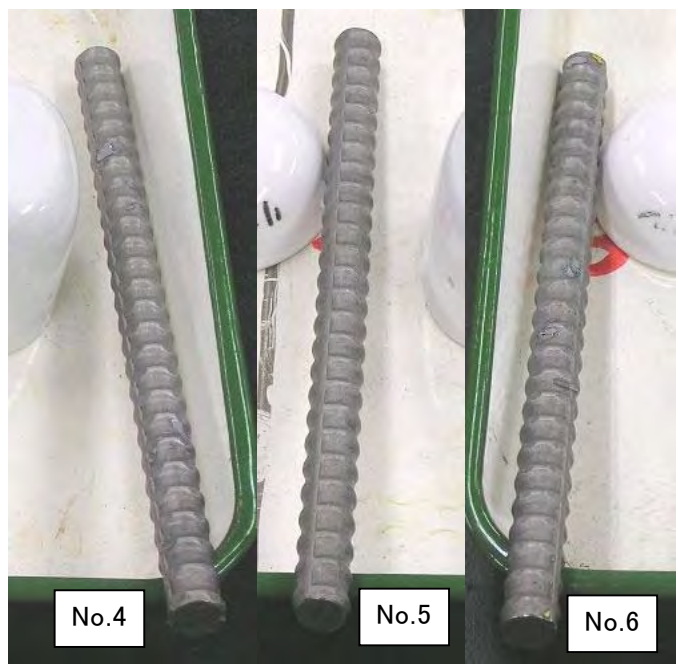
図-資 7.2 亜鉛めっき鉄筋の付着量試験結果



(a) 試験前

(b) 試験後

写真-資 7.5 亜鉛めっき付着量試験 (RB9)



(a) 試験前

(b) 試験後

写真-資 7.6 亜鉛めっき付着量試験 (D13)

---

共同研究報告書  
Cooperative Research Report of PWRI  
No.481 March 2016

編集・発行 ©国立研究開発法人土木研究所

---

本資料の転載・複写の問い合わせは

国立研究開発法人土木研究所 企画部 業務課  
〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6 電話029-879-6754