

(一財) 港湾空港総合技術センター  
令和 7 年度 研究開発助成 成果報告書

助成番号 : 令和 7 年 2 月 25 日付 第 15-3 号

研究開発項目 : (番号) ①, ⑥ に関するもの

RC 構造物の塩害照査における腐食発生  
限界濃度の設定方法に関する研究

令和 8 年 3 月 31 日

東京理科大学

加藤 佳孝



## 目次

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 1. はじめに.....                     | 1  |
| 2. 試験工程の条件の決定 .....              | 2  |
| 2.1 はじめに .....                   | 2  |
| 2.2 材料・配合および試験体概要 .....          | 2  |
| 2.3 試験体内の鉄筋周囲への塩化物イオンの浸透方法 ..... | 2  |
| 2.3.1 手順 .....                   | 2  |
| 2.3.2 NaCl 水溶液の吸水時間の検討 .....     | 3  |
| 2.4 NaCl 水溶液を用いた本手法の妥当性の検証 ..... | 5  |
| 3. 鉄筋を含んだ試験体による検証 .....          | 8  |
| 3.1 はじめに .....                   | 8  |
| 3.2 試験体作製 .....                  | 8  |
| 3.3 試験手順 .....                   | 8  |
| 3.4 試験体解体方法 .....                | 9  |
| 3.5 試験結果 .....                   | 9  |
| 3.5.1 塩化物イオン濃度 .....             | 9  |
| 3.5.2 目視による鉄筋腐食の確認 .....         | 10 |
| 3.6 改良方法 .....                   | 11 |
| 4. まとめと今後の検討 .....               | 13 |
| 4.1 まとめ .....                    | 13 |
| 4.2 今後の検討 .....                  | 13 |



## 1. はじめに

2050 年のカーボンニュートラル社会の実現に向けて、建設材料分野では、低 CO<sub>2</sub> 排出や CO<sub>2</sub> 吸収の材料開発が活性化している。例えば、申請者が委員長としてまとめた土木学会コンクリートライブラリー165<sup>1)</sup>の発刊時点で、すでに 30 以上もの材料技術が提案されている。このような材料を可能な限り早期に社会実装するためには、材料の規格化、構造物としての設計および施工の可能性、供給体制、経済合理性等の検討が必要となる。ここで、本研究では、コンクリート材料を対象とする。

材料の規格化については、各材料の開発者が整備すると想定され、構造物の設計に必要なコンクリートの特性値（強度、弾性係数、乾燥収縮量、中性化速度係数、水分浸透速度係数、塩化物イオンに対する見かけの拡散係数、相対動弾性係数等）については、材料開発段階で基礎的な物性値として取得するはずである。また、施工に関連するフレッシュコンクリートの品質についても、所定のスランプまたはスランプフロー、空気量等の検討に基づいた配合が例示されることが想定される。これらのコンクリートのフレッシュおよび硬化の特性については、土木学会等で測定する方法が規準化されており、材料の開発者が必要に応じて規準化された試験を実施することで対応可能となる。ただし、現状のコンクリート構造物の設計において、鋼材腐食発生限界濃度の設定方法は定められていない。例えば、土木学会コンクリート標準示方書〔設計編〕では、類似の構造物の実測結果や試験結果を参考に定めてよい、とあるが、新材料に対して類似の構造物は存在しないし、そもそも、どのような試験結果を参考に定めてよいのかについては具体的な言及がない。

堀口ら<sup>2)</sup>は、鋼材腐食発生限界濃度を実験的に求めるための検討を行っている。提案されている試験方法では、腐食までの期間が短いもので約 60 日、長いもので約 1900 日もの期間を要している。新材料を導入する際には、迅速かつ簡易に鋼材腐食発生限界濃度を定めることが望ましいと考えられる。

以上の背景から、本研究では、塩害照査に用いる鋼材腐食発生限界濃度の設計用値を定める試験方法の提案を目的とする。このとき、可能な限り、簡易で特殊な機器を要しない試験方法として成立させることを目指す。

## 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート技術を活用したカーボンニュートラルの実現に向けて、コンクリートライブラリー165，2023
- 2) 堀口賢一，山口明伸，丸屋剛，武若耕司：腐食発生限界塩化物イオン濃度の設定方法とその定量評価に関する研究，土木学会論文集 E2（材料・コンクリート構造），Vol.71，No.2，2015

## 2. 試験工程の条件の決定

### 2.1 はじめに

鉄筋コンクリート中の鉄筋表面まで塩化物イオンが浸透し、鋼材腐食発生限界濃度に達するまでには長期間の日数を要する<sup>1)</sup>。これは、①コンクリート内の鉄筋周囲まで塩化物イオンが浸透する期間と、②塩化物イオンが不動態皮膜を破壊するまでの期間が長いことが原因と考える。このため、本章では、①と②の工程を短時間で実施する方法を提案し、検証した。

### 2.2 材料・配合および試験体概要

セメントは、普通ポルトランドセメント（以降 C と称する：密度  $3.15\text{g/cm}^3$ ）を使用した。混和材は、高炉スラグ微粉末（以降 BS と称する：密度  $2.89\text{g/cm}^3$ ，比表面積  $3970\text{cm}^2/\text{g}$ ）を使用した。細骨材は西多摩産砕砂（S1 と称する：表乾密度  $2.72\text{g/cm}^3$ ，粗粒率 2.82），君津産山砂（以降 S2 と称する：表乾密度  $2.56\text{g/cm}^3$ ，粗粒率 1.52）を使用した。練混ぜ水は、上水道（以降 W と称する）を使用した。使用した鉄筋は SD295 の D16 の異形鉄筋である。

本章で用いたモルタルの配合を表-2.1 に示す。配合は、塩害を考慮して設計する必要がある地域の土木構造物で用いられる標準的な水セメント比を参考に設定した。加えて、港湾構造物で一般的に使用されている高炉セメント B 種相当として、普通ポルトランドセメントを高炉スラグ微粉末に 50%置換した配合（B50-45）に対しても検討した。

表-2.1 モルタルの配合

| 配合名    | W/B(%) | S/B | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      |     |
|--------|--------|-----|-------------------------|-----|-----|------|-----|
|        |        |     | W                       | C   | BS  | S1   | S2  |
| N-45   | 45     | 2.2 | 283                     | 630 | 0   | 1054 | 331 |
| B50-45 |        |     | 281                     | 312 | 312 | 1046 | 328 |

いずれの検討でも、直径 50mm，高さ 100mm の円柱のモルタル試験体を用いた。試験体の作製は、室温  $20\pm 2^\circ\text{C}$  の部屋で型枠にモルタルを打設し、打設 24 時間後に脱型した試験体を材齢 28 日まで水中養生（水温  $20^\circ\text{C}$ ）した。

### 2.3 試験体内の鉄筋周囲への塩化物イオンの浸透方法

#### 2.3.1 手順

本検討では、試験体内の鉄筋周囲に塩化物イオンを浸透させ、鉄筋周囲の塩化物イオン濃度と腐食発生の程度から鋼材腐食発生濃度の設計用値を定める方法を検討した。また、その試験期間を短時間とするために、試験体内の鉄筋周囲に塩化物イオンの浸透の過程を短縮できると考えた。試験のイメージを図-2.1 に示す。乾燥させることでモルタル内の空隙に含まれる水分を蒸発させ、真空状態の空隙を復圧する際に NaCl 水溶液を吸水させることで、モルタル内に NaCl 水溶液をモルタル内部までに吸水させられると考えた。このため、乾燥に必要な最低日数と、NaCl 水溶液の吸水に必要な日数について検討した。

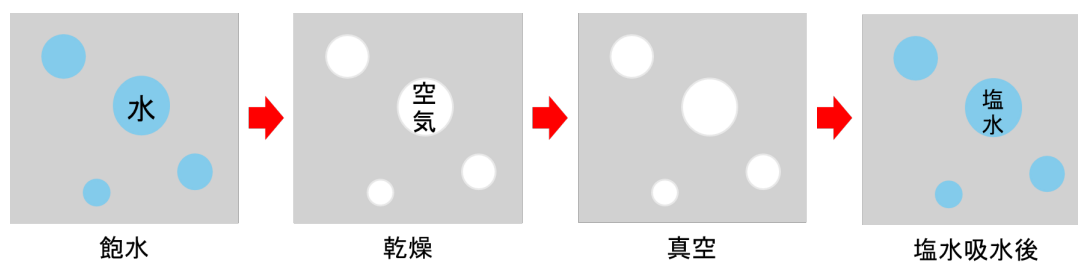


図-2.1 真空吸水のイメージ図

### 2.3.2 乾燥日数の検討

試験体の乾燥期間を定めるために、40℃の電気炉で乾燥させた際の質量変化率から乾燥の程度を測定した。ここで、塩化物イオンを試験体内部に多く浸透させるには乾燥の程度が大きいほど良いと考えられるが、本研究の目的は短期間で実施することである。このため、1日当たりの質量変化率が0.1%未満となった場合を十分に乾燥している状態として判断した。

質量変化率を図-2.2および図-2.3に、乾燥による質量の変化と質量減少量の変化を示す。日数の経過に伴い乾燥が進んでおり、乾燥開始から2日以降は徐々に1日当たりの質量変化率が低下していった。約28日乾燥させると1日当たりの質量変化率は0.1%未満となったことから、本検討の試験体と乾燥環境の温度では28日間で十分であると判断でき、乾燥期間は28日とした。

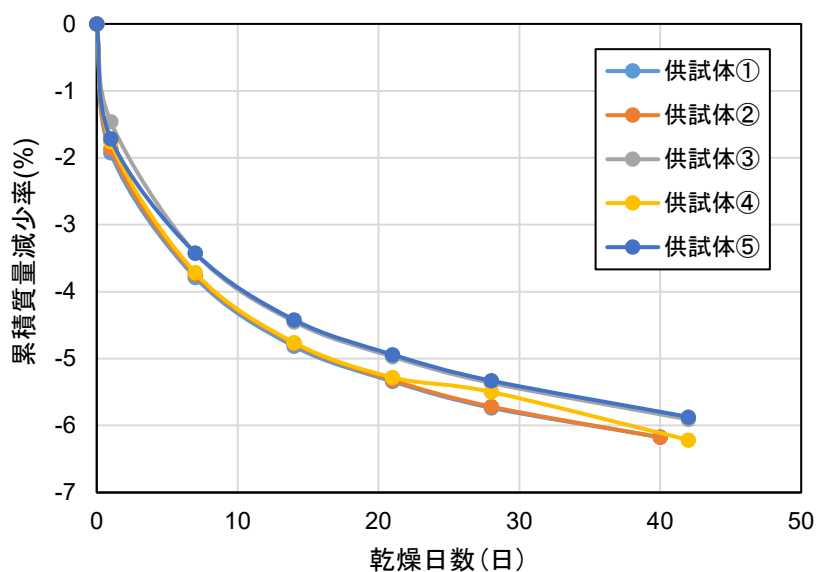


図-2.2 試験体の質量減少率の変化（N-45）

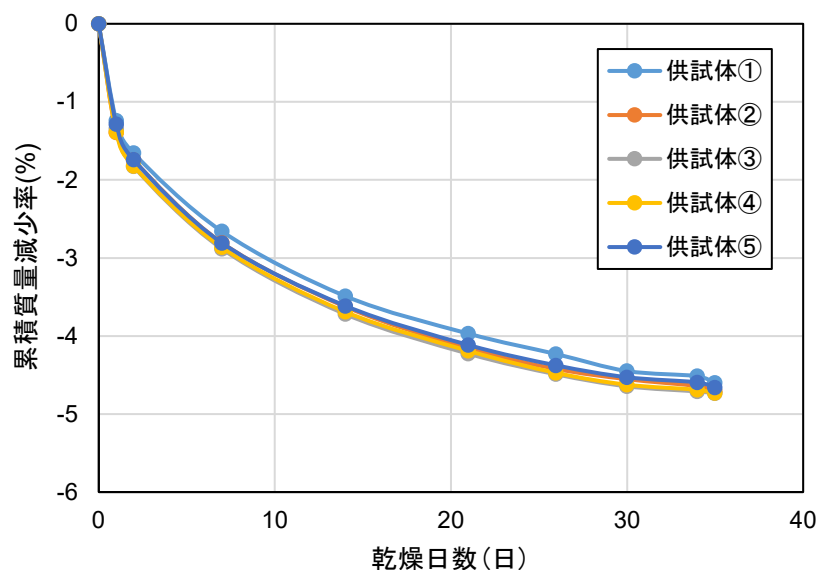


図-2.3 試験体の累積質量減少率の変化 (B50-45)

### 2.3.3 NaCl 水溶液の吸水時間の検討

モルタル試験体を図-2.4 に示すデシケーター内に静置し、図-2.5 に示す減圧ポンプを用いて圧力ゲージが-0.1MPaを示すまで脱気し、気圧を維持したまま試験体を24時間静置した。その後、気圧差を利用してデシケーター内に水を注入し、一定期間試験体に水を吸水させた。ここでは、吸水を試験体内の空隙が水に置き換わる現象と解釈し、試験体内の空隙が完全に水に置き換わるのに必要な吸水時間を検討した。



図 2.4 デシケーター



図-2.5 減圧ポンプ

測定した水中養生終了後の質量 ( $M_{\text{飽水}}(\text{kg})$ )、28 日乾燥後質量 ( $M_{\text{乾燥}}(\text{kg})$ )、および吸水後の質量 ( $M_{\text{吸水}}(\text{kg})$ ) から、気圧差による水の吸水率を求めた。なお、水の吸水率は、式(1)で表される。

$$\text{吸水率}(\%) = \frac{M_{\text{吸水}} - M_{\text{乾燥}}}{M_{\text{飽水}} - M_{\text{乾燥}}} \times 100 \quad (1)$$



表-2.2 に吸水時間と吸水率の結果を示す．真空下で 24 時間吸水させることで，40℃で 28 日間乾燥した試験体の空隙が十分に水で満たされたことが分かる．

表-2.2 真空下での各吸水時間に対する吸水率

| 吸水時間  | 吸水率 (%) |
|-------|---------|
| 2 時間  | 78.2    |
| 24 時間 | 101.7   |

#### 2.4 NaCl 水溶液を用いた本手法の妥当性の検証

続いて，NaCl 水溶液を用いた場合でも同様の試験を実施し，吸水後の塩化物イオン濃度を測定した．吸水させた NaCl 水溶液濃度は 3%と 12%の 2 水準とし，NaCl 水溶液濃度の違いに対する試験体内部の塩化物イオン濃度の違いを検証した．試験体の空隙を完全に NaCl 水溶液が満たしたと仮定した時の塩化物イオン濃度を推定値とした．また，試験から求まる塩化物イオン濃度を，コンクリート 1m<sup>3</sup> 当りに換算した．28 日乾燥空隙量  $S_{28}(\text{m}^3)$  と塩化物イオン濃度  $y(\text{kg}/\text{m}^3)$  の計算値の算出式をそれぞれ式(2)と式(3)に示す．

$$S_{28} = \frac{(M_{\text{飽水}} - M_{\text{乾燥}})}{\rho_w} \quad (2)$$

$$y = \frac{S_{28}}{V} \times \frac{x}{100} \times \frac{(\text{Cl 分子量})}{(\text{NaCl 式量})} \times \rho_w \times V_m \quad (3)$$

ここで， $\rho_w$ ：水の密度 ( $=1.00 \times 10^3(\text{kg}/\text{m}^3)$ )， $x$ ：NaCl 水溶液濃度 (%)， $y$ ：コンクリート 1m<sup>3</sup> 中 Cl 濃度の推定値 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )， $V$ ：試験体体積 ( $\text{m}^3$ )， $V_m$ ：コンクリートに占めるモルタル体積比 ( $=0.6$ ) とする． $V_m$  については，コンクリートの粗骨材とモルタルの比率を 4：6 と仮定している．

塩化物イオンの測定には，塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法，チオシアン酸水銀 (II) 吸光光度法，硝酸銀滴定法，イオンクロマトグラフ法などの JIS A 1154 に準拠した様々な方法がある．本研究では，塩化物イオン濃度の測定には電位差滴定法を用いた．

硝酸銀溶液中で塩化物イオンと銀イオンの反応当量点近傍で被測定液の特性の変化が生じる．これを電極電位の測定から把握する方法が電位差滴定法である．装置は図-2.6 に示す．



図-2.6 電位差滴定装置

電位差滴定法によって生じる硝酸銀溶液と塩化物イオンの化学反応は式(4)で示される。



ろ液中の塩化物イオンと硝酸銀中の銀イオンは 1:1 で反応するため、以下の式より、ろ液 1mL 中の塩化物イオン量  $Q_{sol}$  (kg) が求まる。

$$Q_{sol} = v_{sol} \times 0.005 \times 35.45 \times 10^{-6} \quad (5)$$

ここで、 $v_{sol}$ ：ろ液に加えた硝酸銀溶液の滴定量 (mL)，硝酸銀溶液の濃度 0.005 (mol/L)，塩化物イオンの分子量 35.45 とする。

モルタル粉末試料  $M_m$  (kg) およびモルタル密度  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>) を用いることで、単位体積当たりのモルタルに対する全塩化物イオン量  $C_f$  (kg/m<sup>3</sup>) を求めることができる。

$$C_{sol} = Q_{sol} \times \frac{\rho}{M_m} \quad (6)$$

モルタル単位体積当たりの濃度をコンクリート単位体積当たりの濃度に換算するために、コンクリートの粗骨材とモルタルの比率を 4 : 6 と仮定して、求めた  $C_{sol}$  を 0.6 倍することにより、コンクリート単位体積当たりの全塩化物イオン量を求める。

なお、塩化物イオンの測定に用いる試料は、粉末試料である必要がある。このため、NaCl 水溶液を吸水させた試験体を適当な大きさに砕き、図-2.7 に示す CMT 社製の高速振動試料粉砕機を用いることで粉末試料を作製した。



図-2.7 高速振動試料粉砕機

表-2.3 に NaCl 水溶液濃度 2 種類とモルタル配合 2 種類に対する塩化物イオン濃度の推定値と測定値の比較を示す。塩化物イオン濃度の推定値と測定値が概ね一致しており、NaCl 水溶液濃度を 4 倍にすると、塩化物イオン濃度も N-45 で 4.2 倍、B50-45 で 4.3 倍と概ね一致した。以上より、本手法によって、試験体内の塩化物イオン濃度を調整することが可能であることが分かった。

表-2.3 塩化物イオン濃度の推定値と測定値

| NaCl 水溶液濃度               | 3%   |        | 12%  |        |
|--------------------------|------|--------|------|--------|
| モルタル配合                   | N-45 | B50-45 | N-45 | B50-45 |
| 推定値 (kg/m <sup>3</sup> ) | 1.54 | 1.74   | 7.14 | 7.39   |
| 測定値 (kg/m <sup>3</sup> ) | 1.49 | 1.52   | 6.18 | 6.47   |

#### 参考文献

- 1) 堀口賢一，山口明伸，丸屋剛，武若耕司：鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度の設定方法とその定量評価に関する研究，土木学会論文集 E2（材料・コンクリート構造），Vol.71，No.2，pp.107-123，2015

### 3. 鉄筋を含んだ試験体による検証

#### 3.1 はじめに

2 章では、短時間で試験体に設定した塩化物イオンを浸透させる方法が確立できた。このため、本章では、試験体内に鉄筋を埋め込んだ後に塩化物イオンを浸透させることで、設定した暴露条件で試験体内の鉄筋の腐食の程度が変化について検証した。

#### 3.2 試験体作製

図-3.1 のような異形の黒皮鉄筋を用いて、図-3.2 に示すように鉄筋の上端 30mm、下端 20mm はエポキシ樹脂接着剤で被覆した鉄筋を中央に配置し、図-3.3 に示すような直径 50mm、高さ 100mm の円柱のモルタル試験体を作製した。なお、鉄筋を試験体の中心に配筋するために、丸型ワッシャーを用いて中心位置へ固定した。脱型は打設 24 時間後に行い、脱型後モルタルの円柱上面下面についてもエポキシ樹脂接着剤で被覆し、その後室温 20℃ 環境下で材齢 28 日まで水中養生した。水中養生終了後、40℃乾燥炉で 28 日間試験体を乾燥させた。



図 3.1 異形の黒皮鉄筋



図 3.2 鉄筋両端をエポキシ樹脂接着剤で被覆した様子

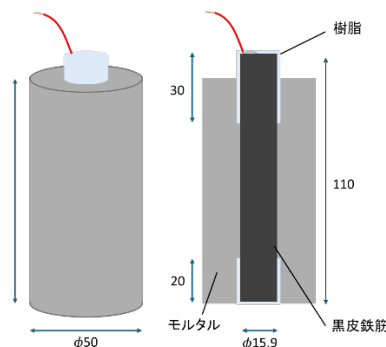


図-3.3 鉄筋を埋め込んだ試験体のイメージ

#### 3.3 試験手順

3.2 の手順で作製した試験体に対し真空吸水させた。塩水濃度は鋼材腐食発生限界濃度と前述の NaCl 水溶液濃度検討を基に考え、2%から 12%を 1%刻みに変化させた 11 条件とした。各濃度条件 5 本ずつ吸水させて実験を行った。NaCl 水溶液吸水後、試験体を温度 40℃、

湿度 85RH%環境下に 28 日間暴露することで、試験体内部に酸素供給することで腐食発生を促進させた。なお、温度 40°C、湿度 85RH%環境下は、Takahashi ら<sup>1)</sup>による既往の研究を参考に腐食しやすい環境として設定した。暴露終了後に解体した試験体に対して内部の鉄筋腐食の有無を目視で評価した。また、解体後、鉄筋表面のモルタル片を粉末試料にし、この試料の塩化物イオン濃度を測定した。

### 3.4 試験体解体方法

試験体の暴露期間終了後、鉄筋表面の塩化物イオン濃度の測定に使用する粉末試料の作製は次の手順で行った。

始めに、円柱形モルタルの側面表面から 9mm ほどを図-3.4、図-3.5 に示すようにディスクグラインダーで研削することで、鉄筋周囲以外のモルタルを取り除いた。その後、研削後の試験体を割裂し、内部の鉄筋を取り出し、鉄筋の腐食状況を確認した。一方、割裂後の試験体は適当な大きさに砕き、2.4 と同様の手順で塩化物イオン濃度を測定した。



図-3.4 削り前断面



図-3.5 削り後断面

### 3.5 試験結果

#### 3.5.1 塩化物イオン濃度

各 NaCl 水溶液濃度に対する塩化物イオン濃度の値と推定値と測定値、および近似直線を図-3.6 に示す。計算値には実際に測定した 28 日乾燥質量を反映させた。NaCl 水溶液濃度の増加に伴い、鉄筋表面位置の塩化物イオン濃度も増加していることが分かる。また、2 つの近似直線の傾きを比較すると、測定値の傾きは推定値の傾きの約 89%であることから、鉄筋表面の塩化物イオン濃度を概ね制御出来ていることが分かる。しかし、それらは一致しないため、提案する手法は、腐食試験後に塩化物イオン濃度の測定が必要になる手法である。

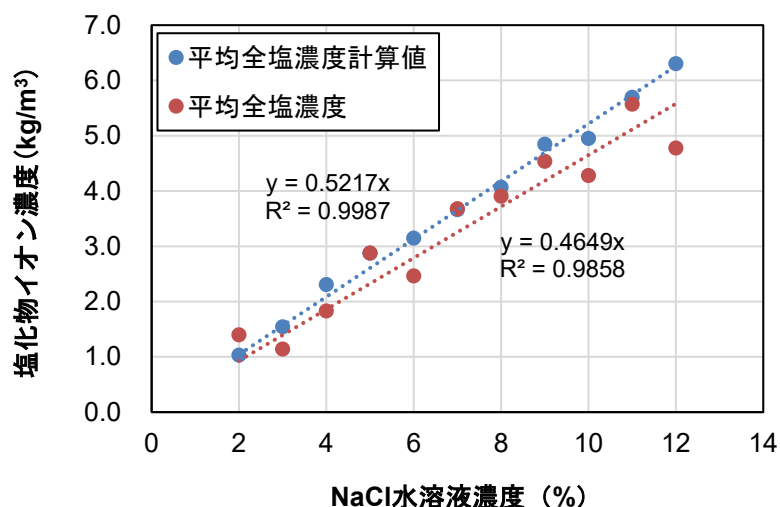


図-3.6 各 NaCl 水溶液濃度に対する塩化物イオン濃度

### 3.5.2 目視による鉄筋腐食の確認

腐食の評価は目視で行い，対象範囲はエポキシ樹脂接着剤で被覆していない鉄筋中央の露出部とし，エポキシ樹脂下の腐食は無視している．また，少しでも鉄筋表面に腐食が見られた場合も腐食と判定し，腐食の度合いは考慮していない．各 NaCl 水溶液濃度に対する腐食割合を表-3.1 に示す．腐食割合にはばらつきが生じてしまっているが，水溶液濃度の上昇に伴って，腐食割合も増加はした．以上から，本検討で設定した暴露期間（40℃・相対湿度 85%程度・28 日間静置）で，試験体内の塩化物イオン濃度の違いによって腐食割合を変化させることが分かった．

表-3.1 NaCl 水溶液濃度と腐食割合の結果一覧

| NaCl 水溶液濃度 | 解体本数 | 腐食本数 | 腐食割合 |
|------------|------|------|------|
| 2%         | 5    | 0    | 0%   |
| 3%         | 5    | 1    | 20%  |
| 4%         | 5    | 4    | 80%  |
| 5%         | 5    | 3    | 60%  |
| 6%         | 5    | 3    | 60%  |
| 7%         | 5    | 5    | 100% |
| 8%         | 5    | 5    | 100% |
| 9%         | 5    | 5    | 100% |
| 10%        | 5    | 4    | 80%  |
| 11%        | 5    | 5    | 100% |
| 12%        | 5    | 3    | 60%  |

しかし，低濃度でも腐食が発生したものや，高濃度でも腐食が発生しなかったものもあり，腐食評価の妥当性については疑問が残る．要因の一つとして，鉄筋端部の腐食が考えられる．鉄筋の全長 110mm のうち，上部 30mm，下部 20mm，および試験体の上面，下面はエポキシ樹脂接着剤で被覆していた．しかし，NaCl 水溶液濃度によらず，いずれの試験体も端部のエポキシ樹脂下で腐食が発生してしまっていた．図-3.7 と図-3.8 にその一例を示



す。



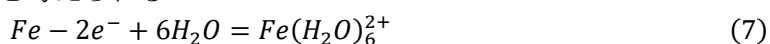
図-3.7 エポキシ樹脂被覆部における腐食の拡大写真



図-3.8 鉄筋上端部の腐食写真

端部が腐食した要因は、エポキシ樹脂接着剤と鉄筋、およびエポキシ樹脂接着剤とモルタルの密着が不十分であったためと考えられる。鉄筋表面とエポキシ樹脂の間に微細な隙間が生じてしまった原因として、エポキシもモルタルも付着していない箇所は、不動態皮膜が生成されずに塩化物イオンが供給され、腐食が発生してしまったと推察できる。

このような端部腐食と露出部の腐食評価との関わりについて考える。腐食部は式(7)で示されるアノード反応により自然電位が卑になることが知られている。これにより、腐食部の自然電位が卑になったことで、同じ鉄筋内で腐食が起りやすい部分と腐食が起りにくい部分と分けられ、マクロセル腐食のような状態になりエポキシで被覆されていない部分の鉄筋腐食が進まなかったと考えられる。



以上より、鉄筋端部が腐食してしまったことにより、鉄筋中央の露出部の腐食を防ぐなどの想定外の現象が測定結果に影響を及ぼしている可能性が考えられる。したがって、エポキシ樹脂で被覆されていない露出部のみ腐食するような改良が必要である。

### 3.6 改良方法

鉄筋端部の加工として、注型用のエポキシ樹脂に変更した。図-3.9 のように両端を直径 25mm、高さ 20mm の円柱型枠と注型用のエポキシ樹脂で固め、図-3.10 これをモルタル試験体に埋設し試験体を作製する手法である。

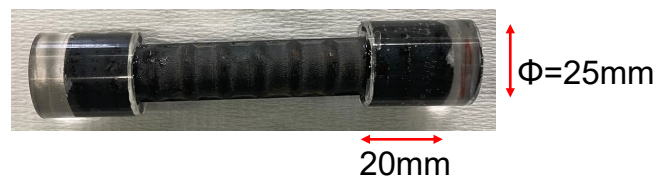


図-3.9 改良した鉄筋端部の加工

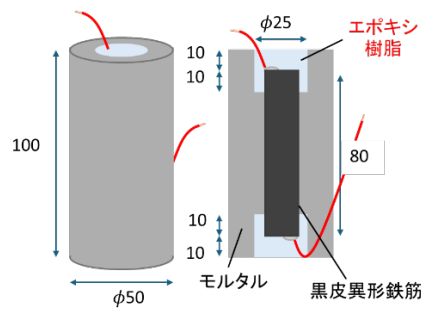


図-3.10 改良した方法で鉄筋を埋め込んだ試験体のイメージ

端部の保護を確認するために、表-2.1 に示す N-45 の配合に対して、練混ぜ水が NaCl 水溶液濃度 11%の水溶液となるように NaCl を添加してモルタルで試験体を作製し、鉄筋腐食を発生させ、鉄筋の腐食状態を確認した。図-3.11 に試験体解体後に樹脂も剥がした鉄筋の様子を示す。露出していた鉄筋中央部には腐食が確認できる一方で、鉄筋端部の腐食は軽減された。よって、止水方法の変更により、遮水性、遮塩性の向上を確認した。以上より、鉄筋端部の加工方法として改良できた。



図-3.11 改善した加工による鉄筋腐食の状況

#### 参考文献

- 1) Hayato Takahashi, Toshikatsu Kou, Yoshitaka Kato, Ema Kato : Effect of water saturation in hardened mortar around a steel bar on corrosion considering exposure history, Journal of Building Engineering, 2024



#### 4. まとめと今後の検討

##### 4.1 まとめ

本研究では、可能な限り、簡易で特殊な機器を要しない方法で、塩害照査に用いる鋼材腐食発生限界濃度の設計用値を定める試験方法の提案を目的とした。本研究により、次の結果が得られた。

- 1) 40℃環境による乾燥（28 日）と真空吸水（1 日）で、短時間かつ試験体内部まで塩水が浸透できることがわかった。
- 2) 塩水を試験体内部に浸透させたのちに、暴露環境として、40℃・相対湿度 85%程度の環境に 28 日間静置することで、塩水濃度によって腐食発生の程度を変化させられることがわかった。

また、上記の結果に対し、試験体および埋め込む鉄筋の加工方法の改良案を用いることで、精度向上につながる可能性がある。

##### 4.2 今後の検討

黒皮鉄筋の品質変動への対応については、申請時点でも、1 年の期間では結論を得られない可能性について記載していたが、結果としては、その通りとなった。2025 年度内では、この検討を実施するための試験体を 30 本作製し、養生している。養生終了後に、同一の NaCl 水溶液に対して腐食発生の確率を測定し、適切な精度を確保するための試験本数等の検討については、2026 年度の開発助成の一環として報告する予定である。