

# 鉄筋の腐食速度に関する研究

## Study of steel bar corrosion speed

河端文人\*\*

By Fumito KAWABATA\*\*

### 1 はじめに

本研究は鉄筋の腐食速度に関するものである。鉄筋が腐食すると鉄筋コンクリート構造物に大きな影響を与える。なぜなら、腐食した鉄筋は膨張し、コンクリートの剥落等の損害を与えるからである。そのことから、鉄筋の腐食速度を把握することで腐食の予測、シミュレーションが可能になり、構造物の補修、維持の効率化につなげることが可能であると考える。

以上より、本研究では構造物の維持補修の効率化につなげるため塩分濃度と鉄筋の腐食速度の関係を明確にするための調査を目的とする。一昨年塩分濃度  $0.3\sim 1.8$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) まで実験を行っているので、今回はより高濃度の部分塩分濃度 ( $1.8\sim 12$   $\text{kg}/\text{m}^3$ ) について実験を行う。

### 2 鉄筋の腐食について

鉄筋の腐食について解説する。鉄筋の表面には、鉄の酸化物である不動態皮膜 ( $\text{FeOOH}$ ) が存在する。鉄筋の腐食は、この不動態皮膜が塩素イオンの影響により分解される。そこから水 ( $\text{H}_2\text{O}$ ) と酸素 ( $\text{O}_2$ ) が浸入し、鉄 ( $\text{Fe}$ ) と化学反応をおこす。その結果  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (酸化鉄) 等が生成される。<sup>1)</sup>(図 1)

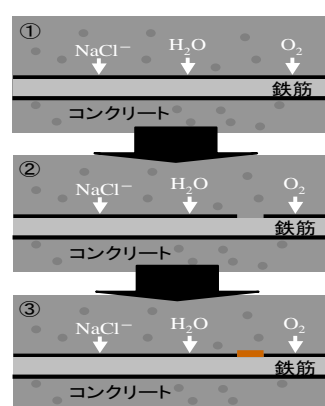


図-1 鉄筋腐食の概略図

### 3 鉄筋の腐食速度把握実験

塩素イオン濃度の変化による鉄筋の腐食速度の変化の把握を目的として行った実験について説明する。表-1、図-2に実験概要を示す。析出した錆を、ブラシを用いて落とし、実験前と実験後の重量差から腐食速度を求める。pH の値はコンクリート内の pH と言われている pH 11 に設定している。実験では、不動態皮膜を分解した鉄筋を用いた。

表-1 実験の概要

計測方法	実験前と実験後の鉄筋の重量を計測し腐食速度を求める
塩素イオン濃度	$0.3\sim 1.2$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) $0.15$ 間隔、 $1.8$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) <sup>2)</sup> $1.8, 2.4, 3, 6, 9, 12$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
pH	pH11
水温	$20^\circ\text{C}$
鉄筋	D10 (異型鉄筋) 長さ 12 cm

\*キーワード：鉄筋の腐食 維持 補修

\*\*高知工科大学社会システム工学科 1070499

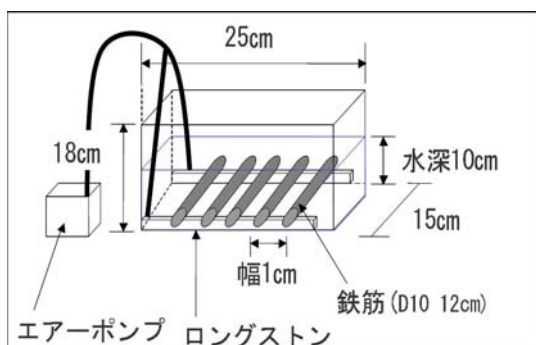


図-2 実験概略図

#### 4 実験で明らかにしたかった点

今回の実験で明らかにしたかったことは、塩分濃度差による腐食速度差の調査、一昨年に行った実験において腐食速度が時間経過に伴い低下した原因、水中の溶存酸素量と塩分濃度が腐食速度に与える影響の3点である。

#### 5 実験結果

塩素イオン濃度と鉄筋の腐食速度の関係を把握するために行った実験結果について説明する。

図-3<sup>2)</sup>及び図-4は塩素イオン濃度と鉄筋の腐食速度の関係を示したものである。また、図-5<sup>2)</sup>及び図-6は腐食速度の変化を時間の観点から見た場合をグラフに示したものである。

図-3に示されたデータに比べ図-4の腐食速度が速くなっているが、これは塩素イオン濃度の差によるものであると考えられる。しかし、同じ条件で実験を行ったはずの塩素イオン濃度1.8kg/m<sup>3</sup>にも腐食速度に大きな差が出ておりデータの正確性が確認できなかった。

図-5に示されたデータでは、腐食速度が

日数と共に減少していく様子が読み取れる。しかし図-6に示されたデータでは大きい腐食速度低下は確認できなかった。

腐食速度の減少について次章より考察を行う。

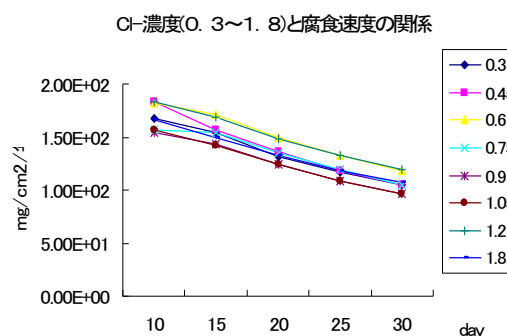


図-3 各Cl<sup>-</sup>濃度(0.3~1.8)における5日間毎の腐食速度

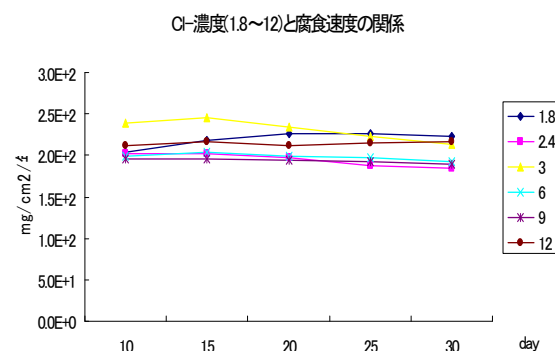


図-4 各Cl<sup>-</sup>濃度(1.8~12)における5日間毎の腐食速度

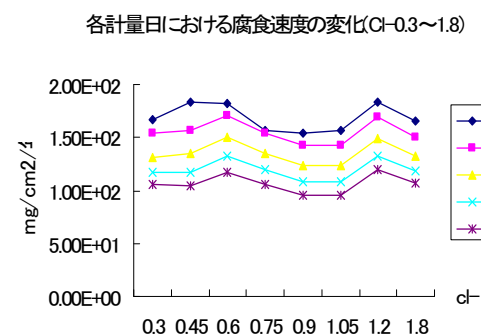


図-5 各計量日における腐食速度の変化 (Cl<sup>-</sup>0.3~1.8)

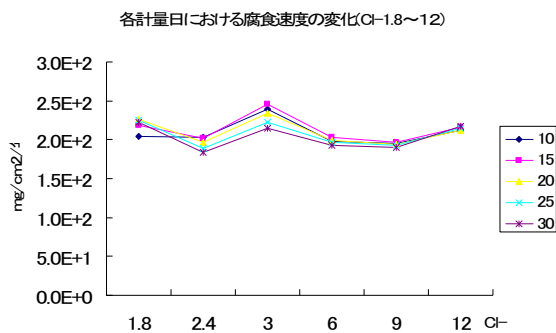


図-6 各計量日における腐食速度の変化 (Cl-1.8~12)

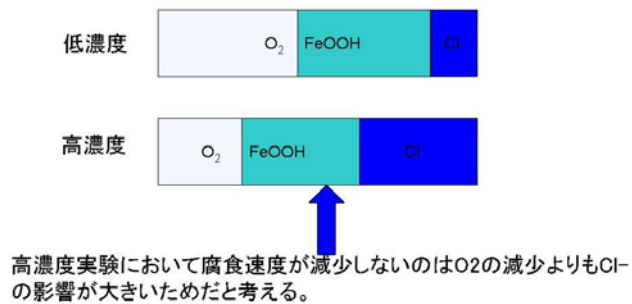


図-7 水中に物体が溶け込める量のイメージ図

### 6 鉄筋の腐食速度減少についての考察

なぜ低い濃度の実験では腐食速度が低下し、高い濃度では腐食速度の大きな減少を確認できなかったのかを考える。まず、鉄筋の腐食速度は塩素イオン量と酸素量に比例すると考えられている。そこで考えられる要因として、低濃度の場合塩素イオンの影響が少なく、初期段階では酸素が潤沢である。そのため水中に酸化鉄が増加した際に酸素が減少しやすく、その結果腐食速度が減少したと考えることができる。

対して高濃度の場合、塩素イオンの影響が大きく低濃度実験に比べ最初から溶存酸素量が少ない。一般に塩素イオン濃度が上がると腐食速度が増加するといわれている。しかし水中に物体が溶け込める量には限界があるので塩素イオンが増加すると溶存酸素量は減少する。図-4、図-6において、塩素イオンが増加しても腐食速度に大きな差が見られないのはそれが原因であると考えられる。腐食速度の低下が見られないのも水中の酸素量の低下よりも塩素イオンの腐食促進作用の影響が大きいからだと考えられる。図-7に水中の物体量のイメージを示す。

水中の溶存酸素低下について考察する。鉄筋が腐食していくことで、水中に酸化鉄が増加する。物体が水中に溶け込める量には限界がある。このことから酸素が溶け込めるスペースを酸化鉄や塩素イオンが奪ったと考えられる。そのため鉄筋の腐食に必要な酸素が減少していき、時間の経過とともに鉄筋の腐食速度が下がったのではないかと考える。図-8にイメージ図を示す。



図-8 腐食速度減少原因のイメージ

先の仮説より、水中の酸素を常に多く保てば、鉄筋の腐食速度は低下しないと考えた。そこで2日に一度水を交換しながら実験を行い、交換しない場合との腐食速度を比較検証した。実験結果を確認しやすくするために出来るだけ厳しい条件(pH7.0 Cl-1.8kg/m<sup>3</sup>)を設定した。水温等の条件は腐食速度把握実験と

同じものである。

実験の結果、水を交換した実験は、交換しなかった場合に比べて高い速度で腐食が進行した。また腐食速度の低下も見られなかった。(図-9及び図-10)この実験より、水中の酸素を多く保ち続ければ腐食速度は減少しないということは可能性が高いといえる。

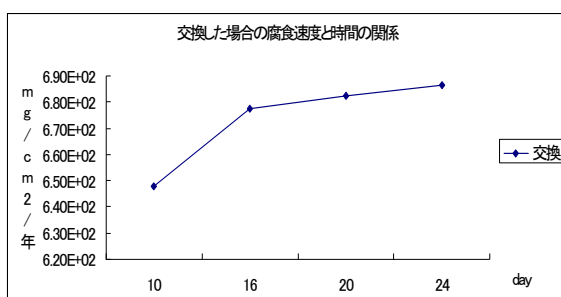


図-9 水を交換した場合の腐食速度と時間の関係

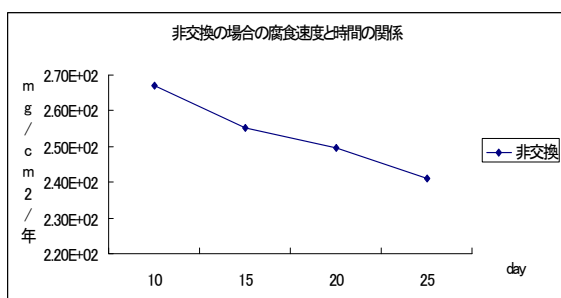


図-10 水を交えない場合の腐食速度と時間の関係

この仮説を検証するため、機材を用いて実際に水中の溶存酸素量を計測した。同時に比較対象として水道水の溶存酸素量も計測した。表-2 に30日時点のデータを示す。いずれも鉄筋の腐食に必要な水中の溶存酸素が減少していることがわかる。このことから塩素イオンが上昇すれば溶存酸素量が下がるということを確認できる。しかし腐食速度は減少していないことから先の仮説が成り立つ可能性は高いといえる。

表-2 水中の溶存酸素量

塩素イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	溶存酸素量 (mg/l)
水道水	9.16
1.8	4.89
2.4	3.89
3	4.35
6	4.20
9	3.79
12	4.19

## 7 まとめ

1). 塩分濃度の差による腐食速度差について調査を行った。

2). 腐食速度差の時間経過による低下は水中に酸化鉄イオンが増加により、溶存酸素量が低下した事が原因である可能性が大きい事を確認した。

3). 塩素イオン濃度の増加とともに溶存酸素量が低下する事を確認した。

これらの実験において、今後鉄筋の腐食速度に考慮する必要がある。

## 参考文献

- 1) 世利修美：金属材料の腐食と防食の基礎，成山堂，2006
- 2) 則内紀彦：修士論文(鉄筋の腐食速度モデル化による塩害シミュレーションに関する研究)