

塩害と ASR による複合劣化がモルタル内部の鉄筋腐食に及ぼす影響

金沢工業大学 学生会員 菅原 典大
金沢工業大学 正会員 宮里 心一

1. はじめに

鉄筋コンクリートの劣化には、単独の原因で進行する場合(単独劣化)と、それらが複合する場合(複合劣化)があり、その速度や対策は異なる。特に老朽化が社会問題となってきた現代において、当初は単独劣化で進行していた部材においても、複合劣化に進展していることが増え、その研究が求められている。この背景より 2017~2019 年に JCI の「RC 構造物の複合劣化機構の解明とその対策に関する研究委員会」が体系的な調査を推進した。これによれば、「塩害とアルカリシリカ反応(ASR)」による複合劣化が生じたときの鉄筋腐食速度は未解明である。

以上の背景を踏まえて本研究では、モルタル内部鉄筋の腐食速度と形態を、「ASR」による単独劣化が生じた場合と「塩害と ASR」による複合劣化が生じた場合を比較し、評価した。

2. 実験手順

2.1 供試体概要

供試体概要を図 1 に示す。鉄筋内部を流れる電流を測定するため、6 つの要素に分割した鉄筋を用いた。文献 1)を参考にして作製した分割鉄筋を、直径 50mm、高さ 200mm の型枠中央に配置し、打設を行った。モルタルの W/C は 0.60、S/C は 2.5 とし、普通ポルトランドセメントを用いた。

2.2 実験ケース

実験ケースを表 1 に示す。「ASR」(No.1)による単独劣化が生じた場合、「内在塩分による塩害と ASR」(No.2, 3)の複合劣化が生じた場合、および「外来塩分による塩害と ASR」(No.4)の複合劣化が生じた場合の 4 ケースを設け、各ケース 3 本の供試体を作製した。モルタルは、打設後 1 か月間の初期養生の後に、1 か月間の暴露を行った。No.2, 3 では、モルタルへ内在塩分を混和するため、混練水に Cl^- 量 15kg/m^3 の NaCl を混入した。また No.4 では、濃度 3%の食塩水に 1 日浸漬し、2.5 日気中乾燥させるサ

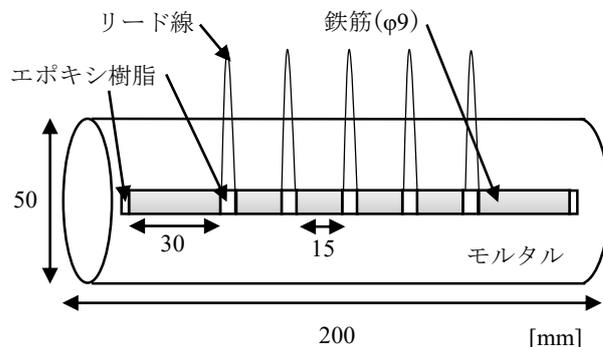
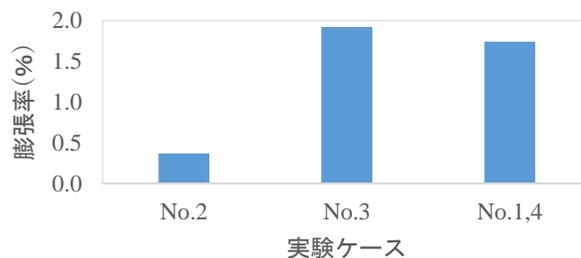


図 1 供試体概要

表 1 実験ケース

No.	混練水	細骨材	暴露環境(20°C)
1	水	陸砂+ガラスカレット	90%RH
2	塩水	陸砂のみ	
3		陸砂+ガラスカレット	塩水浸漬+気中乾燥
4	水		



注：暴露環境は50°C飽和NaCl浸漬

図 2 デンマーク法による膨張率

イクルで暴露した。細骨材には、手取川産の陸砂のみと、その陸砂とガラスカレットを 8:2 の質量比で混合させた 2 種類を用い、粒度分布は調整した。なお、デンマーク法により測定した膨張率(1 か月目)を図 2 に示す。

2.3 測定方法

本研究では、鉄筋要素間を流れる腐食電流をマクロセル電流、鉄筋要素内のみを流れる腐食電流をマイクロセル電流と定義した。測定は文献 1)を参考に行った。測定例を図 3 に示す。なお、総腐食電流密度が $100\mu\text{A}/\text{cm}^2$ は、腐食速度が $1.2\text{mm}/\text{年}$ に相当する。

3. 実験結果および考察

3.1 ひび割れの状態

図4によれば、No.1, 3で顕著に、No.4で僅かにひび割れが確認できた。No.2では確認できなかった。

3.2 腐食速度

総腐食電流密度の最大値により、腐食速度を比較した。すなわち総腐食電流密度の最大値が大きい程、腐食速度が速いと判断する。図5によれば、①No.1では、塩分が供給されていないため、腐食は進行していない。②No.2と比較してNo.3が大きいので、ASRによる膨張性の高い骨材の使用によって腐食速度は速くなる。③No.4と比較してNo.3が大きいので、塩分の供給が外来塩分に比べ、内在塩分によって腐食速度は速くなる、ことを確認できた。

3.3 腐食形態

文献1)を参考にし、マクロセルまたはマイクロセル卓越型腐食の区別を行った。(マクロセル電流密度の最大値/マイクロセル電流密度の最大値)=Aとし、表2に各供試体のAの値を示す。これによれば、No.3でマクロセル卓越型腐食が多いことを確認できた。すなわち、No.3では、顕著なひび割れ部と非ひび割れ部における酸素供給量の相違により、マクロセルが形成したと考えられる。

4. まとめ

本研究では、塩害とASRの複合劣化が生じたモルタル中の鉄筋腐食を評価した。その結果、ASRが生じたモルタル内部の鉄筋腐食速度は、塩分の供給により速くなった。特に、ASRによる膨張が大きい程、顕著なひび割れが局所的に酸素を供給させることになり、マクロセルが形成して腐食速度は速くなった。

参考文献

1) 宮里心一ほか：モルタルの欠陥部に生じる塩害あるいは中性化による鉄筋腐食の形態と速度，土木学会論文集，No.690/V-53，pp.83-93，2001.11

謝辞

科研費基盤研究B(20H02224)により実施した。

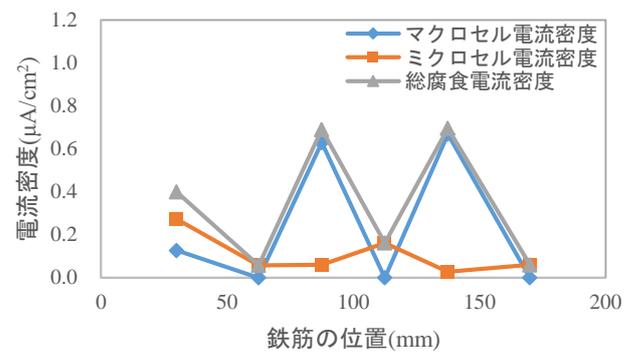


図3 腐食電流密度分布の測定例(No.3 n=2)

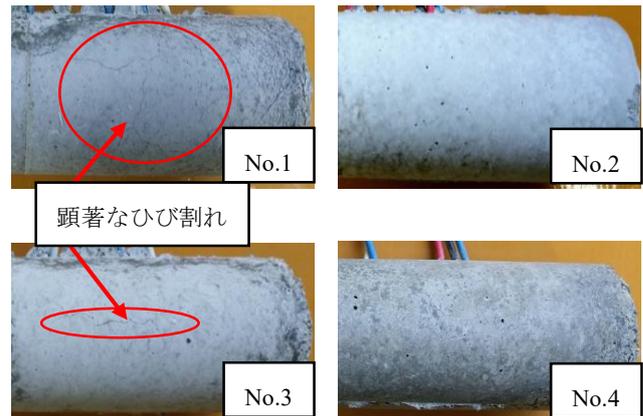


図4 ひび割れの状態

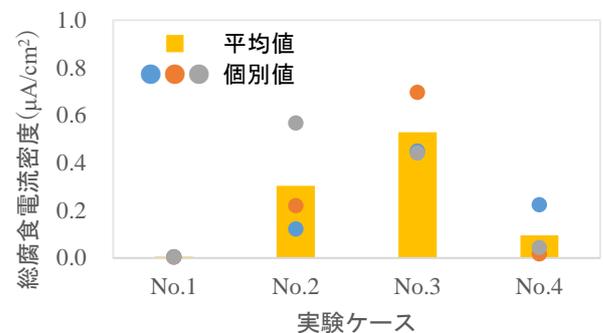


図5 各ケースの最大総腐食電流密度

表2 各供試体におけるAの値と腐食形態

No.	A [*]			腐食形態
	1	2	3	
1	—	—	—	無腐食
2	1.12	0.38	3.08	3体とも異なる
3	1.35	2.45	2.43	2体はマクロセル卓越型
4	0.28	—	—	1体のみマイクロセル卓越型

注：— → 総腐食電流密度が小さいため評価せず。

※ 黒色 → マクロセル卓越型腐食

灰色 → マクロセル・マイクロセル併存型腐食

白色 → マイクロセル卓越型腐食