

## 複合劣化コンクリート中の溶融亜鉛めっき鉄筋の腐食挙動に関する検討

徳島大学大学院 学生会員 ○江田優大 徳島大学大学院 正会員 上田隆雄  
田中亜鉛鍍金(株) 非会員 畑野剛志

### 1. はじめに

コンクリート構造物は実環境において、凍害、塩害の複合劣化作用を受けることがある。この場合においては、劣化の相互作用により劣化機構は極めて複雑となることが指摘されているが、劣化機構に関する検討は少なく、現状では劣化機構の解明および十分に効果の発揮できる鉄筋の防食の手段の選定には至っていない。そこで本研究では、凍害と塩害の複合劣化によるコンクリートの劣化状況と複合劣化に伴う鉄筋腐食状況の確認を行う。

### 2. 実験概要

本実験で用いたコンクリートの配合を表1に示す。W/Cは55%とし、供試体は100×100×300 mmの角柱コンクリートのかぶり25 mmの位置に丸鋼φ13 mmを1本配したものとし、鉄筋には普通鉄筋と亜鉛めっき鉄筋の2種類をしようした(図1参照)。これらの供試体は、コンクリート打設翌日に脱型し、20°Cの恒温室中で56日間の封緘養生を行い、養生終了後に暴露面1面を残して他の面にエポキシ樹脂を塗布した。その後、全ての供試体の暴露面に対して、NaCl溶液の貯水供給を行うためにシーリング材を用いて高さ約8 mmの土台を作製した。

劣化促進試験は、凍害と塩害、想定し凍結融解試験と乾湿繰返し試験を行った。凍結融解の試験方法はASTM C 672に準拠し、低温恒温試験槽による温度制御を行った。凍結過程は-18°Cで凍結時間16時間、融解過程は最高温度23°Cで融解時間8時間とし、24時間で1サイクルとなるように設定して計28サイクル行った。湿潤4日と乾燥3日の合計7日を1セットとし、これらを4セット繰返した。湿潤期間は、40°C、95%R.H.の湿空中で供試体をラミジップに入れ湿潤状態に保ち保管した。乾燥期間は、20°C、60%R.H.の室内で保管した。

3. RC 供試体の累計スケーリング量

### 3. RC 供試体の累計スケーリング量

凍結融解試験を63日行ったRC供試体の累計スケーリング量の経時変化を図2に示す。図2より、B配合のスケーリングは、他2つの配合より大きくなっている。B配合は高炉セメントを使用しており、コンクリート内部の細孔構造は高炉スラグ微粉末の潜在水硬性により緻密化することで、コンクリート内部の遮塩性はN配合よりも高いことが考えられる。しかし、表層の塩分濃度が高くなるため浸透圧が上昇することによりスケーリング量が大きくなると考えられる。また、B配合では普通鉄筋の方が亜鉛めっき鉄筋を使用したものよりスケーリング

表1 コンクリートの配合

配合名	W/C (%)	s/a (%)	単体量 (kg/m <sup>3</sup> )						
			C	W	S	G	NaCl	WRA	AEA
N	55	48	324	178	826	895	0	1.1	0.03
B	55	48	324	178	821	889	0	1.0	0.03
NC	55	48	324	178	816	895	9.9	0.7	0.03

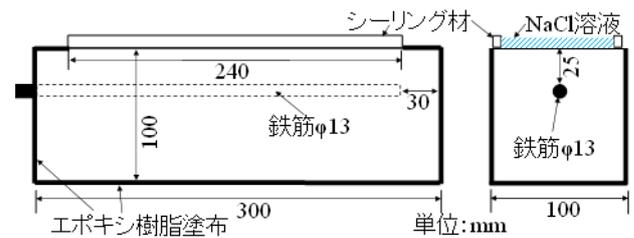


図1 RC 供試体の概要

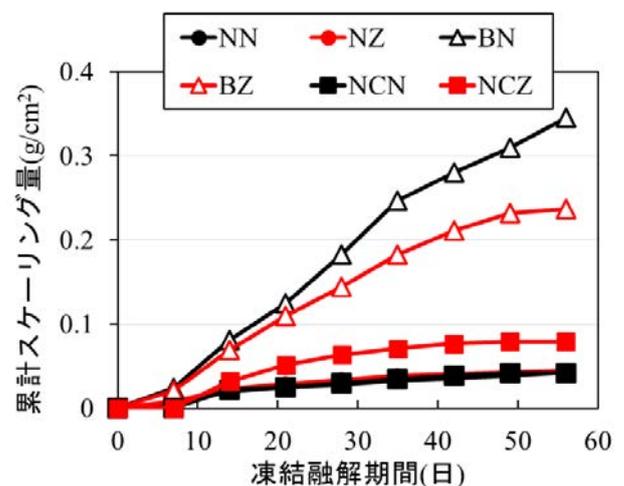


図2 RC 供試体の累計スケーリング量

量が大きくなっており、鉄筋の腐食生成物による膨張圧がスケーリングの増加を助長したと思われる。

#### 4. RC 供試体の電気化学的腐食指標

劣化促進試験を 119 日行った RC 供試体の電気化学的鉄筋腐食指標の経時変化を図 3 に示す。

普通鉄筋を用いた N 配合, B 配合の自然電位は凍結融解開始直後に大きく卑変し, その後は ASTM C876 の判定基準における腐食領域に相当する  $-0.24\text{V vs Ag/AgCl}$  よりも卑な自然電位を推移した。これに対して, NC 配合では, 厳しい塩害環境を想定して初期混入  $\text{Cl}^-$  濃度が  $6.0\text{ kg/m}^3$  となるように NaCl を添加したため, 劣化促進試験開始前から ASTM 876-91 の腐食領域に相当する卑な値を示しており, 試験開始前から鉄筋腐食が進行しているものと考えられる。

一方, 亜鉛めっき鉄筋を用いた供試体の場合, 全ての配合で試験開始前の自然電位の値が  $-0.6\text{V}$  程度となっている。これは, 鉄より亜鉛標準電極電位が低い値であるため, この  $-0.6\text{V}$  が亜鉛めっき鉄筋が不働態化し鉄筋素地の腐食を抑制している状態の自然電位の値だと考えられる。試験開始後は卑変したがその後貴変し大きな卑変は見られない。これは, 乾湿繰返し試験により酸素が供給されたことで亜鉛の生成物である  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{ZnO}$  がめっき表面に形成され鉄筋の腐食を抑制したためと思われる。

分極抵抗は, NC 配合が N 配合と B 配合より小さくなっており, これは初期混入塩分が添加されているためだと考えられる。また, 亜鉛めっき鉄筋を使用した NC 配合では 105 日目で貴変しており, 自然電位も同様に貴変していることより初期から塩分を混入させた配合でも不働態が形成されていると考えられる。

コンクリート抵抗の値は, 混和材の影響を大きく受けており, 普通鉄筋と亜鉛めっき鉄筋, 亜鉛アルミ合金めっき鉄筋の全てにおいて高炉セメントを併用した B 配合で大きな値を示している。B 配合で急速にコンクリート抵抗の値が増大していることから,

鉄筋腐食促進環境下におけるセメントの水和反応により生成された水酸化カルシウムが高炉スラグ微粉末と反応し, 緻密な細孔構造が形成されたものと考えられる。また, NC 配合は N 配合より卑な値となっており, スケーリングによりコンクリート内部に損傷が生じたためと思われる。

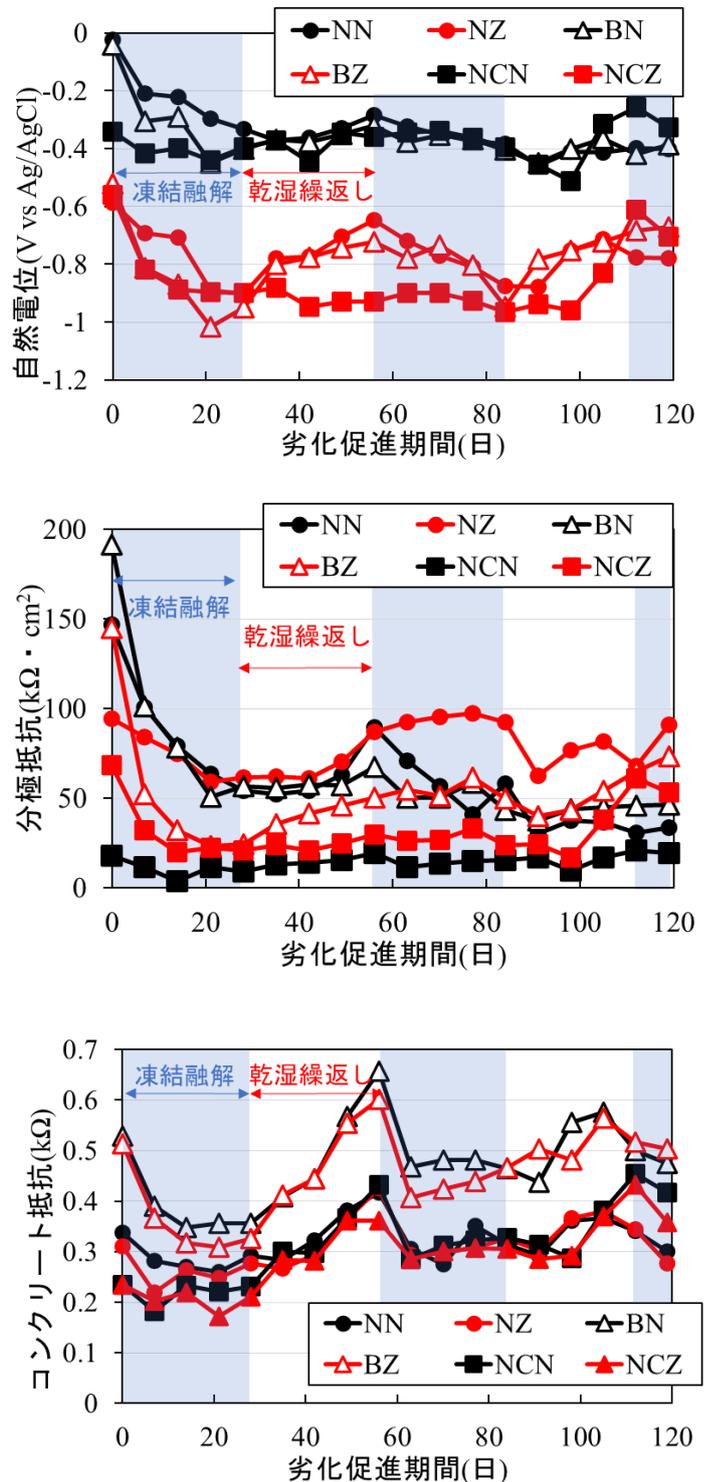


図 3 RC 供試体の電気化学的腐食指標